

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-088111

(43)Date of publication of application : 30.03.1999

(51)Int.Cl.

H03H 9/58

H03H 9/17

(21)Application number : 10-138101

(71)Applicant : NOKIA MOBILE PHONES LTD

(22)Date of filing : 20.05.1998

(72)Inventor : ELLA JUHA

(30)Priority

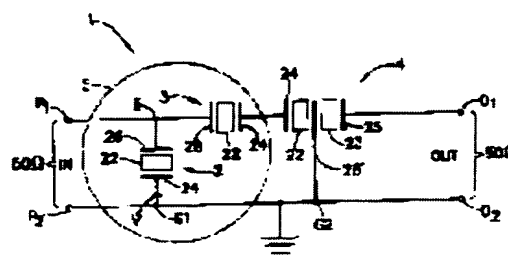
Priority number : 97 861216 Priority date : 21.05.1997 Priority country : US

## (54) STRUCTURE OF CRYSTAL FILTER AND FILTER UTILIZING THIN FILM BULK SURFACE ACOUSTIC WAVE RESONATOR

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a filter with an improved frequency response characteristic that employs a bulk acoustic wave BAW ladder filter and a stacked crystal filter SCF device.

**SOLUTION:** A BAWR-SCF circuit 1 is a 4-port device that has BAW resonators 2, 3, and a stacked crystal filter 4, and also ports (that is, connecting points) P1, P2, and O1, O2. The input impedance to the ports P1, P2, and the output impedance at the ports O1, O2 are respectively 50 ohms. Electrodes 26, 24 of the BAW resonator 2 connect respectively to a connecting point I of the device 1 and to a connecting point G1 (earth). The upper electrode 26 of the BAW resonator 3 connects to the connecting point I and the lower electrode 24 of the BAW resonator 3 connects to the lower electrode 24 of the SCF 4. An intermediate electrode 26' of the SCF 4 connects to a connecting point G (earth). Moreover, an upper electrode 25 of the SCF 4 connects to the ground connecting point O1. The lower electrode 24 of the BAW resonator 2 connects to the ground connecting point G1, then a via V is provided to the device 1 as its structure.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

# (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 8 8 1 1 1

(43) 公開日 平成11年 (1999) 3月30日

(51) Int. Cl. 6

識別記号

F I

H 0 3 H 9/58  
9/17

H 0 3 H 9/58  
9/17

A  
F

審査請求 未請求 請求項の数 2 3 O L

(全 3 4 頁)

(21) 出願番号 特願平10-138101

(22) 出願日 平成10年 (1998) 5月20日

(31) 優先権主張番号 08/861, 216

(32) 優先日 1997年5月21日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 591275137

ノキア モービル フォーンズ リミテッ  
ド

NOKIA MOBILE PHONES  
LIMITED

フィンランド 02150 エスプー ケイラ  
ラーデンティエ 4

(72) 発明者 ジュハ エラー

フィンランド国 サロ 24260 ティーネ  
ランカツ5-7

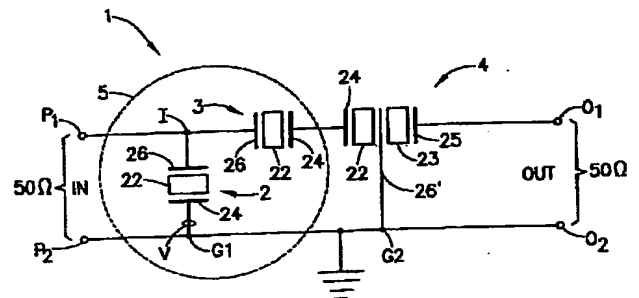
(74) 代理人 弁理士 萩原 誠

(54) 【発明の名称】 結晶フィルター構造および薄膜バルク弾性波共振器を利用したフィルター

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 BAW はしご形フィルター及びSCF デバイスを使用して改良された周波数応答特性を有するフィルターを提供する。

【解決手段】 BAW-SCF回路 1 はBAW 共振器 2、BAW 共振器 3、および積層型結晶フィルター 4 を有する 4 ポートデバイスであり、ポート (すなわち接続点)  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $O_1$  及び  $O_2$  を含む。ポート  $P_1$ 、 $P_2$  およびポート  $O_1$ 、 $O_2$  は共に 50 オームとする。BAW 共振器 2 の電極 26 と 24 は、それぞれ、デバイス 1 の接続点 I と接続点  $G_1$  (アース) に接続している。BAW 共振器 3 の上部電極 26 もまた、接続点 I に、BAW 共振器 3 の下部電極 24 は、SCF 4 の下部電極 24 に連結する。SCF 4 の中間電極 26' は接続点  $G_2$  (アース) に連結する。また、SCF 4 の上部電極 25 は接続点  $O_1$  に連結する。BAW 共振器 2 の下部電極 24 が接地接続点  $G_1$  に連結しているので、デバイス 1 の構造にはビア V を設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 バルク弾性波 (BAW) フィルターにおいて、

第 1 の対のポートと、

第 2 の対のポートと、

前記第 1 の対のポートのうちの第 1 ポートと第 2 ポートとの間に接続した第 1 導線と、

前記第 2 の対のポートのうちの第 1 ポートと第 2 ポートとの間に接続した第 2 導線と、

第 1 の複数の BAW 共振器であって、前記第 1 導線に直列に接続した第 1 BAW 共振器を含み、かつ、前記第 1 導線と前記第 2 導線との間に接続した第 2 BAW 共振器を含む前記第 1 の複数の BAW 共振器と、

第 1 積層型結晶フィルター (SCF) であって、前記第 1 BAW 共振器と前記第 1 の対のポートのうちの一方のポートとの間で前記第 1 導線に接続した第 1 端子と第 2 端子とを有し、かつ、前記第 2 導線中の接続点に接続した第 3 端子を有する前記第 1 SCF とを有し、中心周波数  $f_c$  を有する通過帯域応答を産み出し、周波数  $X$  において下部ノッチを産み出し、周波数  $Y$  において上部ノッチを産み出すことを特徴とする BAW フィルター。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の BAW フィルターにおいて、前記第 1 BAW 共振器が前記第 1 の対のポートのうちの前記第 1 ポートに連結した第 1 端子と前記第 1 SCF の前記第 1 端子に連結した第 2 端子とを有し、前記第 2 BAW 共振器が、前記第 1 BAW 共振器の前記第 1 端子と前記第 1 の対のポートのうちの前記第 1 ポートとの間で前記第 1 導線に連結した第 1 端子を有し、前記第 2 BAW 共振器がまた、前記第 2 の対のポートのうちの前記第 1 ポートと前記接続点との間で前記第 2 導線に連結した第 2 端子を有することを特徴とする BAW フィルター。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の BAW フィルターにおいて、前記第 1 BAW 共振器が、前記第 1 の対のポートのうちの前記第 1 ポートに連結した第 1 端子と前記第 1 SCF の前記第 1 端子に連結した第 2 端子とを有し、前記第 2 BAW 共振器が前記第 1 BAW 共振器の前記第 2 端子と前記第 1 SCF の前記第 1 端子との間で前記第 1 導線に連結した第 1 端子を有し、前記第 2 BAW 共振器がまた、前記第 2 の対のポートのうちの前記第 1 ポートと前記接続点との間で前記第 2 導線に連結した第 2 端子を有することを特徴とする BAW フィルター。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の BAW フィルターが、さらに、第 2 の複数の BAW 共振器を有し、前記第 2 の複数の BAW 共振器が第 3 BAW 共振器と第 4 BAW 共振器とを含み、前記第 3 BAW 共振器が、前記第 1 SCF と前記第 1 の対のポートのうちの前記第 2 のポートとの間で前記第 1 導線に直列に接続し、前記第 4 BAW 共振器が、前記第 3 BAW 共振器と前記第 1 の対のポートの前記第 2 ポートとの間で前記第 1 導線に連結した第 1 端子を有し、前記第

4 BAW 共振器がまた、前記接続点と前記第 2 の対のポートのうちの前記第 2 ポートとの間で前記第 2 導線に連結した第 2 端子を有することを特徴とする BAW フィルター。

【請求項 5】 請求項 1 に記載の BAW フィルターにおいて、前記 BAW フィルターがさらに第 2 の複数の BAW 共振器を有し、前記第 2 の複数の BAW 共振器が第 3 BAW 共振器と第 4 BAW 共振器とを含み、前記第 3 BAW 共振器が、前記第 1 SCF と前記第 1 の対のポートのうちの前記第 2 ポートとの間で前記第 1 導線に直列に接続し、前記第 4 BAW 共振器が、前記第 1 SCF と前記第 3 BAW 共振器との間で前記第 1 導線に連結した第 1 端子を有し、前記第 4 BAW 共振器がまた、前記接続点と前記第 2 の対のポートのうちの前記第 2 ポートとの間で前記第 2 導線に連結した第 2 端子を有することを特徴とする BAW フィルター。

【請求項 6】 前記 BAW フィルターによって産み出された前記通過帯域応答が、単一の SCF デバイスによって与え得る通過帯域応答のそれぞれの上部エッジと下部エッジよりも大きな急勾配の傾斜を持つ上部エッジと下部エッジとを有することを特徴とする請求項 1 に記載の BAW フィルター。

【請求項 7】 SCF デバイスも同調素子も含まない BAW はしご形フィルターによって与え得るよりも高い阻止域減衰のレベルを与えることを特徴とする請求項 1 に記載の BAW フィルター。

【請求項 8】 請求項 1 に記載の BAW フィルターにおいて、第 1 共振周波数で共振を産み出すように前記第 1 BAW 共振器を同調し、第 2 共振周波数で共振を産み出すように前記第 2 BAW 共振器を同調し、前記下部ノッチが前記第 2 共振周波数の関数であり、前記上部ノッチが前記第 1 共振周波数の関数であり、かつ、前記中心周波数  $f_c$  が、前記第 1 BAW 共振器および前記第 2 BAW 共振器のうちの少なくとも一方によって産み出されるもう一つの共振周波数と、前記第 1 SCF によって産み出される共振周波数との関数であることを特徴とする BAW フィルター。

【請求項 9】 前記中心周波数  $f_c$  にほぼ等しい周波数で第 2 高調波共振を産み出すように前記第 1 SCF を同調することを特徴とする請求項 8 に記載の BAW フィルター。

【請求項 10】 前記第 1 BAW 共振器および前記第 2 BAW 共振器の各々が  $T$  の厚さを有する圧電層を含み、前記第 1 SCF がそれぞれ  $T$  の厚さを持つ一対の圧電層を含み、前記第 1 SCF の前記第 2 高調波共振をもつ前記周波数が、前記第 1 SCF の前記一対の圧電層の各層の前記それぞれの厚さの関数であることを特徴とする請求項 9 に記載の BAW フィルター。

【請求項 11】 前記第 1 BAW 共振器、前記第 2 BAW 共振器、および前記第 1 SCF のうちの少なくとも 1 つが、膜構造と音響ミラー構造のうちの一方を含むことを特徴

とする請求項 1 に記載の BAW フィルター。

【請求項 1 2】 バルク弾性波 (BAW) フィルターにおいて、

第 1 の対のポートと、第 2 の対のポートと、

前記第 1 の対のポートのうちの第 1 ポートと第 2 ポートとの間で接続した第 1 導線と、

前記第 2 の対のポートのうちの第 1 ポートと第 2 ポートとの間で接続した第 2 導線と、

第 1 の複数の BAW 共振器であって、前記第 1 導線に直列に接続した第 1 BAW 共振器を含む前記第 1 の複数の BAW 共振器であり、かつ、前記第 1 導線と前記第 2 導線との間で接続した第 2 BAW 共振器を含む前記第 1 の複数の BAW 共振器と、

第 1 積層型結晶フィルタ (SCF) であって、前記第 1 BAW 共振器と前記第 1 の対のポートのうちの一方のポートとの間で前記第 1 導線に接続した第 1 端子と第 2 端子とを有する前記第 1 SCF であって、前記第 2 導線に接続した第 3 端子も有する前記第 1 SCF と、

第 2 の複数の BAW 共振器であって、前記第 2 の複数の BAW 共振器が、第 3 BAW 共振器と第 4 BAW 共振器とを含み、前記第 3 BAW 共振器が前記第 1 SCF と前記第 1 の対のポートのうちの前記第 2 ポートとの間で前記第 1 導線に直列に接続し、前記第 4 BAW 共振器が前記第 3 BAW 共振器と前記第 1 の対のポートのうちの前記第 2 ポートとの間で前記第 1 導線に連結した第 1 端子を有し、前記第 4 BAW 共振器がまた、前記接続点と前記第 2 の対のポートのうちの前記第 2 ポートとの間で前記第 2 導線に連結した第 2 端子を有するようになっている前記第 2 の複数の BAW 共振器と、

前記第 2 導線に直列に接続した第 5 BAW 共振器であって、前記第 2 の対のポートのうちの前記第 1 ポートに連結した第 1 端子を有する前記第 5 BAW 共振器と、前記第 2 導線に直列に接続した第 6 BAW 共振器であって、前記第 2 の対のポートのうちの前記第 2 ポートに連結した第 1 端子を有する前記第 6 BAW 共振器と、

第 2 SCF であって、前記第 5 BAW 共振器の第 2 端子に連結した第 1 端子を有し、かつ、前記第 6 BAW 共振器の第 2 端子に連結した第 2 端子をも有し、かつ、接地接続用の前記接続点に接続している第 3 端子をさらに有する前記第 2 SCF とを有することを特徴とするバルク弾性波 (BAW) フィルター。

【請求項 1 3】 バルク弾性波 (BAW) フィルターにおいて、

第 1 手段と第 2 手段とを有し、

前記第 1 手段が、第 1 の対の接続点と第 2 の対の接続点とを有し、

前記第 1 手段の前記第 1 の対の接続点の一方と前記第 2 の対の接続点とにわたる信号の受信にตอบสนองして第 1 の特性周波数応答を産み出すための前記第 1 手段であって、前記第 1 特性周波数応答が第 1 通過帯域形状を含み、は

しご形配置で接続した第 1 の複数の BAW 共振器を含み、前記第 2 手段が、それぞれの第 1 の対の接続点と第 2 の対の接続点とを有し、

前記第 2 手段の前記第 1 の対の接続点が前記第 1 手段の前記第 2 の対の接続点に連結し、前記第 2 手段の前記第 1 の対の接続点の一方と前記第 2 の対の接続点とにわたる信号の受信にตอบสนองして第 2 特性周波数応答を産み出すための前記第 2 手段であって、前記第 2 特性周波数応答が第 2 通過帯域形状を含み、前記第 2 手段が少なくとも 1 つの SCF を含み、前記 BAW フィルターが第 3 通過帯域形状を含む第 3 周波数応答を産み出し、前記第 3 周波数応答が前記第 1 特性周波数応答と前記第 2 特性周波数応答との関数であることを特徴とするバルク弾性波 (BAW) フィルター。

【請求項 1 4】 前記第 3 周波数応答が前記第 3 通過帯域形状の上方および下方に位置するノッチを含み、前記ノッチが前記第 1 特性周波数応答の関数であって、前記第 3 周波数応答が前記第 2 特性周波数応答の関数である阻止域減衰レベルを有することを特徴とする請求項 1 3 に記載の BAW フィルター。

【請求項 1 5】 請求項 1 3 に記載の BAW フィルターにおいて、さらに、第 3 手段を含み、前記第 3 手段が第 1 の対の接続点と第 2 の対の接続点とを有し、前記第 3 手段の前記第 1 の対の接続点が前記第 2 手段の前記第 2 の対の接続点に連結し、前記第 1 の対の接続点の一方と前記第 3 手段の前記第 2 の対の接続点とにわたる信号の受信にตอบสนองして第 4 特性周波数応答を産み出すための前記第 3 手段であって、前記第 4 特性周波数応答が第 1 通過帯域形状を含み、前記第 3 周波数応答は、また、前記第 4 特性周波数応答の関数でもあり、前記第 3 手段がはしご形配置で接続したそれぞれの複数の BAW 共振器を含むことを特徴とする BAW フィルター。

【請求項 1 6】 少なくとも 1 つの送受信アンテナを有する送受信装置で使われる二重フィルタにおいて、第 1 部分と第 2 部分とを有し、

前記第 1 部分が入力部および出力部を有し、前記出力部が前記少なくとも 1 つのアンテナに連結し、前記第 1 部分の前記入力部に印加される信号を濾波するため、および、前記出力部を通じて第 1 濾波信号を出力するための前記第 1 部分であって、前記第 1 部分が第 1 バルク弾性波共振器—積層型結晶フィルタ (BAWR-SCF) 回路を有し、前記第 1 部分が中心周波数  $f_{c1}$ 、周波数  $f_{N1}$  において下部ノッチ、および周波数  $f_{N2}$  において上部ノッチを有する周波数応答を産み出すように同調され、前記第 2 部分が入力部および出力部を有し、前記第 2 部分の前記入力部が前記少なくとも 1 つのアンテナに連結し、前記少なくとも 1 つのアンテナから前記第 2 部分の前記入力部へ送られる信号を濾波するため、および、前記第 2 部分の前記出力部を通じて第 2 濾波信号を出力するための前記第 2 部分であって、前記第 2 部分が第 2 BA

WR-SCF回路を有し、前記第2部分が中心周波数 $f_{c2}$ 、周波数 $f_{N3}$ において下部ノッチ、および周波数 $f_{N4}$ において上部ノッチを有する周波数応答を産み出すように同調され、

前記第1BAWR-SCF回路と前記第2BAWR-SCF回路の各々が、はしご形配置および少なくとも1つの積層型結晶フィルター(SCF)に接続した複数のバルク弾性波(BAW)共振器を含むことを特徴とする二重フィルター。

【請求項17】 前記第1部分が、さらに、前記第1部分の前記出力部と前記少なくとも1つのアンテナとの間に挿置されるもう一つのBAW共振器を有し、前記第2部分が、さらに、前記少なくとも1つのアンテナと前記第2部分の前記入力部との間に挿置される追加のBAW共振器を有することを特徴とする請求項16に記載の二重フィルター。

【請求項18】 請求項16に記載の前記二重フィルターにおいて、前記第1部分と前記第2部分の少なくとも一方の部分の前記入力部がそれぞれの第1の対のポートを含み、前記部分の前記少なくとも一方の部分の前記出力部がそれぞれの第2の対のポートを含み、前記部分のうちの前記少なくとも一方の部分の前記BAWR-SCF回路が、さらに、

前記第1の対のポートのうちの第1のポートと前記第2の対のポートのうちの第1のポートとの間に接続している第1導線と、

前記第1の対のポートのうちの第2のポートと前記第2の対のポートのうちの第2のポートとの間に接続している第2導線とを有し、

前記部分の前記少なくとも一方の部分の前記BAWR-SCF回路の前記複数のBAW共振器が、前記第1導線に直列に接続した第1BAW共振器と、前記第1導線と前記第2導線との間で接続した第2BAW共振器とを含み、前記部分の前記少なくとも一方の部分の前記BAWR-SCF回路の前記SCFが第1、第2、および第3端子を有し、前記第1および第2端子が、前記第1BAW共振器と前記第2の対のポートのうちの前記第1のポートとの間で前記第1導線に接続し、前記第3端子が前記第2導線に接続していることを特徴とする二重フィルター。

【請求項19】 請求項18に記載の前記二重フィルターにおいて、前記部分の前記少なくとも一方の部分の前記BAWR-SCF回路が、さらに、

前記SCFと前記第2の対のポートのうちの前記第1のポートとの間に併置された第3BAW共振器と、

前記第3BAW共振器と前記第2の対のポートのうちの前記第1ポートとの間で連結した第1端子とを有する第4BAW共振器であって、前記第2導線に連結した第2端子も有する前記第4BAW共振器とを有することを特徴とする二重フィルター。

【請求項20】 送信機部分、受信機部分、少なくとも1つのアンテナを有するデュアル・モード送受信装置に

おいて、

ダブル二重フィルターが第1送受切換え器と第2送受切換え器とを有し、

前記第1送受切換え器は第1フィルターと第2フィルターとを含み、

前記第1フィルターと前記第2フィルターの各々が前記送信機部分の出力部に連結したそれぞれの第1の対のポートを有し、

前記第1フィルターと前記第2フィルターの各々がそれぞれの第2の対のポートも有し、

前記第1フィルターと前記第2フィルターの各々の前記第2の対のポートのうちの少なくとも第1ポートが前記少なくとも1つのアンテナに連結し、

前記第1フィルターと前記第2フィルターの各々がそれぞれのバルク弾性波(BAW)フィルター回路を有し、前記第1フィルターと前記第2フィルターとが第1周波数帯域と第2周波数帯域にわたってそれぞれ通過帯域を産み出すように同調し、

前記第2送受切換え器は第3フィルターと第4フィルターとを含み、

前記第3フィルターと前記第4フィルターの各々がそれぞれの第1の対のポートを有し、

前記第3フィルターと前記第4フィルターの各々のうちの前記第1の対のポートのうちの少なくとも第1ポートが前記少なくとも1つのアンテナに連結し、前記第3フィルターと前記第4フィルターが、前記受信機部分の入力部に連結したそれぞれの第2の対のポートも有し、

前記第3フィルターと前記第4フィルターの各々がそれぞれのBAWフィルター回路を有し、

前記第3フィルターと前記第4フィルターとが第3周波数帯域と第4周波数帯域にわたってそれぞれ通過帯域を産み出すように同調し、

前記第1、第2、第3、第4フィルターの各々の前記BAWフィルター回路が、前期フィルターの第1の対のポートのうちの第1ポートと前記フィルターの第2の対のポートのうちの第1ポートとの間で接続している第1導線と、

前記フィルターの第1の対のポートのうちの第2ポートと前記フィルターの第2の対のポートのうちの第2ポートとの間で接続している第2導線と、

前記第1導線に直列に接続している第1BAW共振器と、前記第1導線と前記第2導線との間で接続している第2BAW共振器と、

前記第1BAW共振器と前期フィルターの前記第2の対のポートのうちの第1ポートとの間で前記第1導線に接続した第1端子と第2端子とを有する積層型結晶フィルター(SCF)と、

前記第2導線の接続点に接続している第3端子を有する前記SCFとを含むことを特徴とするダブル二重フィルター。

【請求項 21】 請求項 20 に記載のデュアル・モード送受信装置において、

前記第 1、第 2、第 3、および第 4 フィルターの各々の BAW フィルター回路がさらに第 3 BAW 共振器と第 4 BAW 共振器とを有し、

前記第 3 BAW 共振器が前記第 1 導線に直列に接続し、

前記第 3 BAW 共振器が前記 SCF の前記第 2 端子に連結した第 1 端子を有し、

前記第 3 BAW 共振器が前記フィルターの第 2 の対のポートの前記第 1 ポートに連結した第 2 端子も有し、

前記第 4 BAW 共振器が前記第 3 BAW 共振器の前記第 2 端子と前記フィルターの第 2 の対のポートのうちの前記第 1 ポートとの間で前記第 1 導線に連結した第 1 端子を有し、

前記第 4 BAW 共振器が前記接続点と前記二重フィルターの第 2 の対のポートのうちの前記第 2 ポートとの間で前記第 2 導線に連結した第 2 端子を有することを特徴とするデュアル・モード送受信装置。

【請求項 22】 請求項 21 に記載のデュアル・モード送受信装置において、前記第 1 二重フィルターと前記第 2 二重フィルターの各々の BAW フィルター回路が、さらに、前記第 3 BAW 共振器と前記フィルターの第 2 の対のポートの前記第 1 ポートとの間で前記第 1 導線に直列に接続した第 5 BAW 共振器を有することを特徴とするデュアル・モード送受信装置。

【請求項 23】 請求項 21 に記載のデュアル・モード送受信装置において、前記第 3 二重フィルターと前記第 4 二重フィルターの各々の BAW フィルター回路が、さらに、前記第 1 の対のポートのうちの前記第 1 ポートと前記第 1 BAW 共振器との間で前記第 1 導線に直列に接続した第 5 BAW 共振器を有することを特徴とするデュアル・モード送受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はフィルター、特に、バルク弾性波 (BAW) 共振器および積層型結晶フィルター (SCF) 装置を含むフィルターに関する。

【0002】

【従来の技術】バルク弾性波 (BAW) 共振器デバイス (当業においては“薄膜バルク弾性波共振器 (FBAWRs)”という名称でも知られている) を含むモノリシックフィルターが製造されていることは周知である。現在、主として 2 種類のタイプのバルク弾性波デバイス、すなわち、BAW 共振器および積層型結晶フィルター (Stacked Crystal Filters: SCF) が知られている。BAW 共振器と SCF との間の一つの相違は各デバイスの構造に含まれる層の数である。例えば、BAW 共振器には 2 本の電極と、この 2 本の電極の間に配置される一枚の圧電層が典型的に含まれる。圧電層と各デバイスの基板との間に 1 枚以上の膜層を用いる場合もある。これと対照的に、SCF デバイスに

は、2 枚の圧電層と 3 本の電極が典型的に含まれる。SCF デバイスでは、この 2 枚の圧電層のうちの最初の一枚は、3 本の電極のうちの最初の下部電極と 2 番目の中間電極との間に配置され、圧電層の 2 番目の層は、3 本の電極のうちの中間電極と 3 番目の上部電極との間に配置される。この中間電極は、通常、接地電極として利用される。

【0003】BAW 共振器は、様々なトポロジを持つ帯域フィルター中でよく用いられる。MM. Driscoll 他著 (Driscoll), “モノリシックフィルム共振器テクノロジーにおける最近の進歩”、超音波シンポジウム、1986、p. 365369。この Driscoll の著作には、直列配置の BAW 共振器やいくつかの同調素子、すなわち、アースと一対のそれぞれの BAW 共振器間に位置するそれぞれの接続点との間でそれぞれ接続した誘導子を含む多極フィルターが開示されている。個々の BAW 共振器の等価回路を図 7 に示す。この等価回路には、直列に接続した等価インダクタンス (Lm)、等価キャパシタンス (Cm) および等価抵抗 (R) と並列の寄生キャパシタンス (Co) とが含まれる。

【0004】フィルター設計に関する一つの関心事は寄生キャパシタンス (Co) の除去である。フィルターの各 BAW 共振器と関連する寄生キャパシタンス (Co) は、フィルターの中心周波数で追加の同調素子 (たとえば誘導子) を各 BAW 共振器と並列に接続することによって、Driscoll の著作に開示されている方法で相殺することができる。しかし残念ながら、この技術では寄生キャパシタンス (Co) を帯域外周波数で相殺することはできない。また、同調素子を使用することによって、予定外のフィルターの構造全体のサイズや複雑さが加わる。

【0005】BAW 共振器を含むフィルターは、はしご形トポロジの構成を持つことが多い。説明の便宜上、主として BAW 共振器から構成されるはしご形フィルターを“BAW はしご形フィルター”と言うことにする。はしご形フィルターの設計は、K. K. Lain 他著の“GPS のための薄膜バルク弾性波フィルター” (Lain)、IEEE 超音波シンポジウム、1992、pp. 471476 に記載されている。この著作に記載されているように、BAW はしご形フィルターは、1 つ以上の BAW 共振器をフィルター内部で直列に接続し、かつ、1 つ以上の BAW 共振器をフィルター内部で分路接続するように典型的に構成される。2 つの BAW 共振器 42 と 43 を含む典型的な BAW はしご形フィルター 41 を図 16 に示す。2 つの直列接続 BAW 共振器 43 と 45、および 2 つの分路接続した共振器 42 と 46 を含むもう一つの典型的な (単一) BAW はしご形フィルター 44 を図 18 に示す。BAW はしご形フィルター 44 の等価回路を図 20 に示す。さらにもう一つの典型的な BAW はしご形フィルター 47 を図 21 に示す。このフィルター 47 は、“バランスのとれた”トポロジを持っていて、図 18 のフィルター 44 に類似しているが、BAW 共振器 48 と BAW 共振器 49 も含まれる。このフィルター 47 の等価回路を図 22 に示す。

【0006】BAW はしご形フィルタは、直列に接続した共振器（“直列共振器”ともいう）が、それぞれのフィルタの所望の（すなわち、“設計”）中心周波数にほぼ等しいかその近辺の周波数で直列共振を産み出すように典型的には設計される。同様に、BAW はしご形フィルタは、分路接続した共振器（“分路共振器”あるいは“並列共振器”ともいう）が、それぞれのフィルタの所望の中心周波数にほぼ等しいかその近辺の周波数で並列共振を産み出すように設計される。

【0007】BAW はしご形フィルタは、例えば、BAW 共振器の圧電層を形成するために使用する材料の種類や BAW 共振器の積層帯 (layer stack) のそれぞれの厚さの関数である帯域幅を持つ通過帯域を産み出す。典型的には、BAW はしご形フィルタの直列接続 BAW 共振器は、フィルタの分路接続した共振器よりもっと薄い積層帯を持つように製造される。その結果として、直列接続 BAW 共振器が産み出す直列および並列共振は、分路接続した BAW 共振器が産み出す直列および並列共振周波数よりいくぶん高い周波数で生じる。（もっとも、直列に接続した各々の BAW 共振器の直列共振は、周波数スペクトル上の所望のフィルタ中心周波数近辺の周波数でそれでも生じるのであるが）。BAW はしご形フィルタにおいて、直列接続 BAW 共振器が産み出す並列共振のために、フィルタの通過帯域の上部エッジすなわちスカートの上方にフィルタはノッチを示す。分路接続した BAW 共振器が産み出す直列共振のために、フィルタの通過帯域の下部エッジの下方にフィルタはノッチを示す。これらのノッチは直列接続および分路接続の BAW 共振器の音響損失および電気的損失によって画定される“深さ”を有する（すなわち、これらのノッチは分路および直列 BAW 共振器の Q ファクターによって画定される）。

【0008】直列接続および分路接続の BAW 共振器の積層帯の厚さの差がデバイスの製造中に生じる可能性がある。例えば、BAW 共振器に 1 乃至それ以上の膜層を含む場合、共振器製造中に適切な材料と厚さからなる付加層を分路接続デバイスの膜層に付加することがあり、そのため、デバイスの完成後に分路接続デバイスに直列接続共振器より厚い積層帯が生じる。もう一つの例として、分路共振器より薄い圧電層を持つように直列共振器を製造することは可能であり、かつ／または、上部電極層の成膜後に直列共振器の上部電極の厚さを適切な技術を用いて量を選択して減らすことも可能である。これらのステップにはマスキング層の使用を必要とする。

【0009】BAW はしご形フィルタの性能は、図 7 に示す BAW 共振器の素子等価回路から見るとさらに良く理解できる。個々の BAW 共振器の直列共振は等価インダクタンス ( $L_m$ ) および等価キャパシタンス ( $C_m$ ) によって生じる。BAW 共振器の直列共振周波数では、BAW 共振器のインピーダンスは低い（すなわち、デバイスにまったく損失がない理想的な場合、BAW 共振器は分路のように機能

する）。この直列共振周波数より低い周波数では、BAW 共振器のインピーダンスは容量性を持つ。BAW 共振器の直列共振周波数より高く、デバイスの並列共振周波数（並列共振は等価キャパシタンス ( $C_0$ ) から生じる）より低い周波数では、BAW 共振器のインピーダンスは誘導性がある。また、BAW 共振器の並列共振周波数より高い周波数では、デバイスのインピーダンスは再び容量性を持ち、デバイスの並列共振周波数では、BAW 共振器のインピーダンスは高くなる（すなわち、理想的な場合、このインピーダンスは無限となり、並列共振周波数ではデバイスは開路に似ている）。

【0010】図 7 に示す等価回路に類似した等価回路を有する 2 つの BAW 共振器（たとえば分路 BAW 共振器と直列 BAW 共振器）を BAW はしご形フィルタに用いる典型的な場合、フィルタの最低共振周波数は分路 BAW 共振器の直列共振が生じる周波数である。この周波数で、BAW はしご形フィルタの入力部は有効に分路接地され、それによって、BAW はしご形フィルタの周波数応答はフィルタの通過帯域の下方に深いノッチを示す。BAW はしご形フィルタの次にもっとも高い共振周波数は、直列 BAW 共振器の直列共振周波数および分路 BAW 共振器の並列共振周波数である。これらの共振周波数は、BAW はしご形フィルタの通過帯域周波数の範囲内にあり、周波数スペクトル上の BAW はしご形フィルタの所望の中心周波数に、あるいはその近辺にある。分路 BAW 共振器の並列共振周波数では、分路 BAW 共振器は開路のように振る舞い、直列 BAW 共振器の直列共振周波数では、直列 BAW 共振器は分路のように振る舞う（したがって、BAW はしご形フィルタの入出力ポート間で低損失接続を設ける）。その結果として、フィルタの入出力部間でフィルタ回路を信号が通過するとき、BAW はしご形フィルタの中心周波数にほぼ等しい周波数を持つ信号が BAW はしご形フィルタの入力部に印可された場合、信号は最少挿入損失を経験する（すなわち、低損失に出会う）。

【0011】BAW はしご形フィルタの最高共振周波数は、直列接続 BAW 共振器が並列共振を産み出す周波数である。この周波数で、直列 BAW 共振器は開路のように振る舞い、分路 BAW 共振器はコンデンサのように振る舞う。その結果として、フィルタの入出力部は、お互いに有効に結合されなくなり、フィルタの周波数応答はフィルタの通過帯域の上方に深いノッチを含む。

【0012】同調素子を含まない BAW はしご形フィルタの周波数応答は、深いノッチと、急勾配の傾斜を持つ上部および下部の通過帯域エッジ（すなわちスカート）を典型的に有する。しかし残念ながら、これらの種類のはしご形フィルタは貧弱な阻止域減衰（すなわち、帯域外拒絶）特性を提供する傾向がある。深いノッチ、急勾配の傾斜を持つ通過帯域エッジ、および貧弱な阻止域減衰を示す BAW 梯子状フィルタ（これには 4 つの BAW



共振器が含まれ同調素子は含まれていない) の測定周波数応答の一例を図 23 に示す。

【0013】もう一つの典型的な周波数応答を図 17 に示す。これは図 16 の BAW はしご形フィルタ 41 の周波数応答を表わしたものである。BAW はしご形フィルタ 41 は図 17 の周波数応答を産み出すものであるが、その前提として、1) 共振器 43 と 42 が以下のそれぞれの表 1 と\*

表1

直列BAW共振器(43, 45)		分路BAW共振器(42, 46)	
層		層	
上部電極:モリブデン(Mo)	308 nm	上部電極:モリブデン(Mo)	308 nm
圧電層:酸化亜鉛(ZnO)	2147 nm	圧電層:酸化亜鉛(ZnO)	2147 nm
下部電極:モリブデン(Mo)	308 nm	下部電極:モリブデン(Mo)	308 nm
第1膜層:二酸化珪素(SiO <sub>2</sub> )	90 nm	第1膜層:二酸化珪素(SiO <sub>2</sub> )	90 nm
		第2膜層:二酸化珪素(SiO <sub>2</sub> )	270 nm
上部電極面積	352um*352um	上部電極面積	352 um*352um

\*表 2 にリストされている層を含むこと、2) 共振器 43 と 42 の層が厚さを持ち、それぞれの表 1 と表 2 にリストされている材料を含むこと、3) フィルタ 41 が 50 オーム端子間で接続されていること、4) フィルタ 41 が同調素子を含まないことを仮定している。

【0014】

【表 1】

表2

【0015】表 1 および表 2 を見て解るように、BAW 共振器 42 には 2 つの膜層が含まれるが、BAW 共振器 43 には、たった 1 つの膜層しか含まれていない。上述したように、共振器 42 に 2 つの膜層を用いることによって、共振器 42 によって産み出された共振周波数が、直列接続共振器 43 によって産み出された共振周波数よりも低くなるようにすることができる。

【0016】追加の BAW 共振器をフィルタに含めるか、かつ/またはフィルタを構成することによって、BAW はしご形フィルタが与える阻止域減衰のレベルを増加することができる。その結果、フィルタの直列接続 BAW 共振器の面積に対するフィルタの並列接続 BAW 共振器の面積比が大きくなる。(フィルタ 41 より多い数の共振器を含む) フィルタ 44 の典型的な“模擬”周波数応答を図 19 に示す。これには、前提として、1) 共振器 43 と 45 は表 1 にリストされている厚さと材料を持つ層を含むこと、2) 共振器 42 と 46 は表 2 にリストされている厚さと材料を持つ層を含むこと、3) フィルタ 44 は同調素子を含まないことを仮定している。

【0017】図 17 と図 19 を見て解るように、帯域外周波数でフィルタ 44 が与える減衰の程度は、2 つの BAW 共振器しか含まないフィルタ 41 が与える減衰レベルに対していくぶん改善される。しかし残念ながら、フィルタに追加の BAW 共振器を用いることによりフィルタ全体のサイズが大きくなり、そのためフィルタの挿

入損失のレベルが予定外に大きくなりかねない。直列共振器より大きな面積を持つようにフィルタの並列接続 BAW 共振器を製造する場合にもこれはあてはまる。さらに、たとえフィルタの通過帯域応答を改善するための企てを対策として講じたとしても、フィルタが与える阻止域減衰のレベルはある種の適用例については不十分である場合もある。

【0018】図 17 と図 19 に示すように、それぞれのフィルタ 41 と 44 の通過帯域の中心周波数は周波数スペクトル上の約 947.5 MHz のところに位置している。フィルタ 41 と 44 の各々によって産み出された最少通過帯域の帯域幅はおおよそ 25 MHz である。当業者であれば解るようにこれらの周波数応答特性は受信機に用いるフィルタに要求されるものである。

【0019】通過帯域フィルタに 1 つ以上の SCF デバイスを用いることは知られている。通過帯域フィルタに SCF デバイスを用いる利点は、典型的な BAW はしご形フィルタの阻止域減衰特性と比べてより良い阻止域減衰特性がこれらのフィルタによって通常得られることである。SCF の典型的な集中素子等価回路を図 14 に示す。この等価回路には、等価インダクタンス (2Lm)、等価キャパシタンス (Cm/2)、等価抵抗 (2R)、および寄生キャパシタンス (Co) が含まれる。図 14 を見て解るように、SCF とは、接地接続した並列キャパシタンス (Co) を持つ LC 共振器であると考えることができる。

【0020】上記のBAW はしご形フィルタに見られるように、主としてSCF デバイスから構成されるフィルタにはいくつかの欠点がある。一つの欠点として、SCF は、深いノッチや急勾配の傾斜を持つ通過帯域エッジのような所望の特性を示さない周波数応答を通常産み出すということが挙げられる。この欠点は図15に見ることができる。この図はSCF の典型的な周波数応答を示している。主として1つ以上のSCF 構成部品から構成されるフィルタの周波数応答は、米国特許5,382,930 号に記載されているように、それぞれのSCF 構造の間に誘導子を接続することによってある程度改善することができる。しかしながら、残念なことに、これらの誘導子を付加するとフィルタの全体サイズと複雑さが加わることになる。誘導子での損失に起因するフィルタの挿入損失レベルも増加する可能性がある。これらの種類のフィルタに関連するもう一つの欠点は、フィルタの通過帯域の帯域幅を制御することが困難になる可能性があることである。

【0021】以上の説明から、BAW はしご形フィルタと積層型結晶フィルタの双方を備えた、所望の周波数応答特性を産み出すことのできるフィルタを提供することが望まれていることが理解できよう。すなわち、深いノッチと急勾配の傾斜を持つ上部および下部の通過帯域エッジを持つ周波数応答を示し、かつ積層型結晶フィルタによって通常産み出されるレベルに類似した阻止域減衰レベルも産み出すフィルタを提供することが望まれている。フィルタのサイズが小さく、かつ同調素子を使用せずにフィルタが所望の周波数応答特性を示すことができることも望まれている。

【0022】本発明のもう一つの関心事は二重フィルタに関するものである。二重フィルタ（“送受切換器”ともいう）は従来トランシーバにおいて3ポートデバイスとして用いられ、トランシーバの受信機(RX)と送信機(TX)部分を互いに分離して、トランシーバのRX部分とTX部分のそれぞれに対する周波数選択度を与えるものである。二重フィルタには、アンテナを介して信号がトランシーバから発信される前にトランシーバのTX部分が出力する信号を濾波するための帯域阻止フィルタが典型的に含まれる。帯域阻止フィルタは、フィルタの阻止域の範囲内にある周波数を持つ信号を減衰するものであり、トランシーバの受信帯域と同じ周波数が通常含まれる。二重フィルタには、トランシーバのRX部分に信号が届く前にアンテナが受信する信号を濾波する通過帯域フィルタも典型的に含まれる。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】従来型の送受切換器にはいくつかの欠点がある。例えば、従来型のタイプの送受切換器、すなわちセラミック送受切換器は、移動電話トランシーバによく用いられるが、一般にサイズが好ましくないほど大きい。また、移動電話で用いら

れる従来型の送受切換器のなかには表面弾性波(SAW) デバイスを含むものもあるが、GSM 送信機でよく用いるようなレベルの一定の大RF電力レベルでは残念ながら作動しない。したがって、これらの問題を克服する送受切換器を提供することが望ましいということが理解できるであろう。

【0024】個々のBAW はしご形フィルタおよび個々のSCF デバイスによって提供することのできる周波数反応特性に対する改善した周波数応答特性を提供するフィルタを提供することが本発明の目的である。

【0025】本発明のもう一つの目的は、深いノッチおよび急勾配の傾斜を持つ上部並びに下部通過帯域エッジを持つ周波数応答を示し、かつ、帯域外周波数で高レベルの高減衰も提供する帯域通過フィルタを提供することである。

【0026】本発明のもう一つの目的は、改善した二重フィルタを提供することである。

【0027】本発明のさらなる目的と利点は、図面と以下の説明を考慮すれば明らかになるであろう。

【0028】

【課題を解決するための手段】バルク弾性波共振器-積層型結晶フィルタ(BAWR-SCF) デバイスまたは回路によって上述のおよび他の諸問題を克服し、本発明の目的を実現する。本発明の一つの実施例に従って、BAWR-SCF回路は、4つのポート、該ポートの第1と第2ポートとの間で接続した第1導線、該ポートの第3と第4ポートとの間で接続した第2導線とを有する。このBAWR-SCF回路はまた、はしご形配置で接続する第1“直列”BAW 共振器および第2“分路”BAW 共振器を有し、さらに、積層型(Stacked)結晶フィルタ(SCF)を含むものである。本発明のこの実施例に従って、第1BAW 共振器はBAWR-SCF回路の第1ポートとSCF の第1端子との間で第1導線に直列に接続する。第2BAW 共振器は、第1BAW 共振器と第1ポートとの間で第1導線に連結した第1端子を含み、また、第2導線に接続する第2端子を含む。SCF は、第1BAW 共振器と第2ポートとの間で第1導線に接続する第1および第2端子を含み、また、第2導線の接続点に接続する第3端子を含む。この第2導線は使用中は接地接続していることが望ましい。

【0029】本発明のもう一つの実施例に従って、第2分路BAW 共振器の第1端子がSCF の第1BAW 共振器と第1端子との間で第1導線に連結していることを除いて、上記の回路と類似のBAWR-SCF回路が提供される。

【0030】本発明のもう一つの実施例に従って、この実施例では、BAWR-SCF回路が第3BAW 共振器および第4BAW 共振器を有することを除いて、上記の回路に類似のBAWR-SCF回路が提供される。第3BAW 共振器はSCF と第2ポートとの間で第1導線に直列に接続し、第4BAW 共振器は第3BAW 共振器と第2ポートとの間で第1導線に連結した第1端子を持っている。

【0031】本発明のさらなる実施例に従って上記の回路に類似のBAWR-SCF回路が提供される。しかしながら、本発明のこの実施例においては、第2分路BAW共振器の第1端子は、SCFの第1BAW共振器と第1端子との間で第1導線に連結し、かつ、第4BAW共振器の第1端子は、SCFと第3BAW共振器との間で第1導線に連結する。

【0032】本発明のさらにもう一つの実施例では、“バランスのとれた”トポロジイを持つBAWR-SCF回路が提供される。本発明のこの実施例によるBAWR-SCF回路には、上記の回路に類似した、第1および第2BAW共振器、第1および第2導線、4つのポート、および1つのSCFが含まれる。第1BAW共振器は、BAWR-SCF回路のポートのうちの第1ポートとSCFの第1端子との間で第1導線に直列に接続する。第2BAW共振器には、第1BAW共振器と第1ポートとの間で第1導線に連結した第1端子が含まれ、また、第2導線に接続した第2端子も含まれる。SCFには、第1BAW共振器とポートのうちの第2ポートとの間で第1導線に接続した第1および第2端子が含まれ、また、接続点に接続した第3端子も含まれる。この第3端子は使用中は接地接続していることが望ましい。このBAWR-SCF回路は、また、第3BAW共振器と第4BAW共振器とからも構成される。第3BAW共振器は、SCFと第2ポートとの間で第1導線に直列に接続する。第4BAW共振器は、第3BAW共振器と第2ポートとの間で第1導線に連結した第1端子を持っており、かつ、第2導線に接続した第2端子を持っている。このバランスのとれたBAWR-SCF回路には、第2導線に直列に接続し、かつ、ポートのうちの第3ポートに連結した第1端子を持つ第5BAW共振器も含まれる。このバランスのとれたBAWR-SCF回路は、さらに、第2導線に直列に接続し、かつ、ポートのうちの第4ポートに連結した第1端子を含む第6BAW共振器を有する。本発明のこの実施例によるBAWR-SCFは、さらに、追加SCFから構成される。このSCFには、第1、第2、および第3端子が含まれる。第1端子は、第5BAW共振器の第2端子に連結し、第2端子は、第6BAW共振器の第2端子に連結し、第3端子は接続点に接続する。

【0033】本発明によれば、上記BAWR-SCF回路の様々な実施例の一つのような、単一回路内のはしご形トポロジイおよびSCFに接続したBAW共振器を用いることにより、BAWはしご形フィルターおよび積層型結晶フィルターの双方が提供する所望の特性を与えることが可能となる。上記BAWR-SCF回路の様々な実施例の各々は、深いノッチおよび、BAWはしご形フィルターによって典型的に産み出される通過帯域エッジに類似した急勾配の傾斜を持つ通過帯域エッジを持つ周波数応答を示し、また、積層型結晶フィルターによって典型的に産み出される阻止域減衰特性に類似した阻止域減衰特性をも産み出す。本発明のBAWR-SCF回路は、例えば、個々のBAWはしご形フ

ィルターあるいは個々のSCFデバイスによって示すことができる周波数応答に対して全般的に改善した周波数応答を提供するものである。

【0034】本発明のBAWR-SCFデバイスの各々において、BAW共振器のうちの“直列接続”したBAW共振器は、類似の厚さをもつ積層帯を含むことが望ましく、また、BAW共振器のうちの“並列接続”（あるいは“分路接続”）したBAW共振器は、類似の厚さをもつ積層帯を含むことが望ましい。この直列接続BAW共振器は、並列接続BAW共振器に含まれる積層帯より薄い積層帯を含むことが望ましく、これによって、各BAWR-SCFデバイスが、直列接続BAW共振器の並列共振の周波数で上部ノッチを持ち、また、並列接続BAW共振器の直列共振の周波数で下部ノッチを持つ周波数応答を産み出すことが可能となる。

【0035】もう一つの本発明の態様によれば、所望の（“設計”）BAWR-SCFデバイスの中心周波数で、またはその近辺で各SCFがBAWR-SCF回路の（直列共振を産み出す）基本共振周波数か第2高調波共振周波数のいずれかを産み出すことができる厚さの積層帯を持つように製造することもできる。本発明のBAWR-SCFデバイスは、それぞれのBAWR-SCFデバイスの“設計”中心周波数で、基本共振ではなく第2高調波共振を産み出すように構成することが望ましい。これは、BAWR-SCFデバイスがこの場合製造し易いという理由のためである。

【0036】このBAWR-SCF回路には、例えば、一体固定型（すなわち、音響ミラー構造）BAW共振器とSCFを含む適切な種類のBAW共振器とSCFを含むことができる。BAWR-SCFデバイスに音響ミラーを使用することによって、他の種類の構造のデバイスを使用した場合に比べていくつかの利点が生まれる。一つの利点は、音響ミラーデバイスは他の種類のデバイスに比べて構造的により丈夫であることである。もう一つの利点は、大電力のものに應用された場合、デバイスで損失により発生するすべての熱が、音響ミラーを介して各デバイスの基板へ効率良く伝導するということがある。本発明のBAWR-SCFデバイスで音響ミラーデバイスを使用するさらなる利点として、デバイスで生じ得るすべての不必要な高調波応答を減衰するのに音響ミラーを役立てることができるということがある。

【0037】もう一つの本発明の態様によれば、本発明のBAWR-SCFデバイスの各々が、各デバイスの構造中にできるだけ少ないビア(via)を含むように構成されることが望ましい。

【0038】もう一つの本発明の態様によれば、トランシーバーで使用される二重フィルター（送受切換え器）が提供される。この二重フィルターは第1“送信”部分と第2“受信”部分とを有することが望ましい。トランシーバー内に送受切換え器が接続している間、アンテナによってトランシーバーから信号が送信される前に、ト

ランシーバーの送信機部分が出力する信号を第 1 部分が濾波する。送受切換え器の第 2 部分は、アンテナが受信した信号を濾波し、トランシーバーの受信機部分へ濾波された信号を送る。送受切換え器の第 1 および第 2 の各部分はそれぞれの BAW-SCF 回路を有するが、その回路は上記の回路と類似のものであってもよい。送受切換え器の第 1 部分は、中心周波数  $f_{c1}$ 、周波数  $f_{N1}$  で下部ノッチ、周波数  $f_{N2}$  で上部ノッチを持つ通過帯域応答を産み出すように同調することが望ましい。また、送受切換え器の第 2 部分は、中心周波数  $f_{c2}$ 、周波数  $f_{N3}$  で下部ノッチ、周波数  $f_{N4}$  で上部ノッチを持つ通過帯域応答を産み出すように同調することが望ましい。

【0039】さらなる本発明の態様によれば、デュアル・モード送受信装置（たとえば、デュアル・モード移動局）で使われるダブル二重フィルタが提供される。このダブル二重フィルタは第 1 送受切換え器と第 2 送受切換え器とを有することが望ましい。本発明の好ましい実施例に従って、この第 1 送受切換え器には第 1 フィルタと第 2 フィルタとが含まれる。第 1 および第 2 フィルタの各々は送受信装置の送信機部分の出力部に連結したそれぞれの第 1 の対のポートを持つ。また、第 1 および第 2 フィルタの各々にはそれぞれの第 2 の対のポートも含まれる。第 1 および第 2 の各フィルタの第 2 の対のポートのうちの少なくとも第 1 のポートは送受信装置の少なくとも 1 つのアンテナに連結する。第 1 および第 2 フィルタは、それぞれ、第 1 周波数帯域と第 2 周波数帯域にわたる通過帯域を提供するように同調されるそれぞれの BAW-SCF 回路を有する。

【0040】ダブル二重フィルタの第 2 送受切換え器には第 1 フィルタと第 2 フィルタも含むことが望ましい。これらの二重フィルタの各々はそれぞれの第 1 の対のポートとそれぞれの第 2 の対のポートとを持つ。各フィルタの第 1 の対のポートのうちの少なくとも第 1 のポートは少なくとも 1 つのアンテナに連結する。フィルタの第 2 の対のポートは、送受信装置の受信機部分の入力部に連結することが望ましい。第 2 送受切換え器の第 1 および第 2 フィルタは、それぞれ、第 3 周波数帯域と第 4 周波数帯域とにわたる通過帯域を提供するように同調されるそれぞれの BAW-SCF 回路を有する。

【0041】

【発明の実施の形態】添付の図面を参照して読めば、本発明の上記の特徴および他の特徴が以下の本発明の詳細な説明で明らかになる。

【0042】本発明の現在の好ましい実施例を記載する前に、図 1～図 6 に示すバルク弾性波 (BAW) デバイスおよび図 8～図 13 に示す積層型結晶フィルタ (SCF) について簡潔に言及する。図 1～図 6 に示すバルク弾性波 (BAW) デバイスについては、1996 年 10 月 2 日出願の、Juha Ella によって発明された、“振幅一位相変調を行うための同調型薄膜バルク弾性波共振器組み入れ装置”と

いう名称の、本出願と共通して出願人に譲渡された同時継続米国特許出願にさらに記載されている。

【0043】図 1 と図 2 に、膜すなわち橋かけ構造 28 を持つ BAW 共振器 20 の横断面の側面および平面をそれぞれ示す。BAW 共振器 20 は、圧電層 22、層 38b、保護層 38a（たとえばポリイミド）、第 1 下部電極 24、第 2 上部電極 26、膜 28、エッチ・ウインドウ 40a と 40b、エアーギャップ 34、および基板 36 を有する。圧電層 22 は、例えば、酸化亜鉛 (ZnO)、硫化亜鉛 (ZnS)、あるいは窒化アルミニウム (AlN) のような薄膜として製造できるような圧電材料を有する。膜 28 は、2 つの層、すなわち、最上層 30 および最下層 32 を有する。しかし、単一の膜層を用いてもよい。最上層 30 は、例えば、シリコン (Si)、二酸化珪素 (SiO<sub>2</sub>)、ポリシリコン (polysil)、あるいは窒化アルミニウム (AlN) から成る。また、最下層 32 は、例えば、シリコン、二酸化珪素 (SiO<sub>2</sub>)、あるいはヒ化ガリウム (GaAs) から成る。層 38b もまた、例えば、SiO<sub>2</sub> あるいは GaAs から成る。下部電極 24 は、例えば、金 (Au)、モリブデン (Mo)、あるいはアルミニウム (Al) から成るものであってもよい。しかしながら、金を用いることが望ましい。というのは、金は、圧電層 22 の成長中に他の材料よりも大きな利点を生むからである。上部電極 26 は、例えば、金 (Au)、モリブデン (Mo)、あるいはアルミニウム (Al) から成るものであってもよい。しかしながら、アルミニウムを使用することが望ましい。なぜなら、アルミニウムは電氣的損失が少ないからである。デバイス 20 の製造中、層 38b と 32 は単一の層としてデバイス 20 の基板 36 上に同時に成膜される。エッチ・ウインドウ 40a と 40b は、この単一層と層 38a を貫いてエッチングを行うことにより形成される（その結果、別個にラベルした層 38b と 34 ができる）。基板 36 は、例えば、シリコン (Si)、SiO<sub>2</sub>、GaAs、あるいはガラスのような材料から成る。エッチ・ウインドウ 40a と 40b の中を通して、基板 36 の一部分がエッチングされ、膜層が基板 36 上に成膜されてしまった後エアーギャップ 34 が形成される。

【0044】図 3 には BAW 共振器 21 を示す。BAW 共振器 21 は図 1 に例示する共振器に類似しているが、犠牲層 39 が付加されている。共振器 21 の製造中、膜 28 の成膜前に犠牲層 39 を基板 36 上に成膜する。共振器層のすべてが形成された後、エッチ・ウインドウ 40a と 40b の中を通して犠牲層 39 が取り除かれ、エアーギャップ 34 が形成される。犠牲層 39 が取り除かれている間、層 32 が圧電層 22 を保護する。

【0045】電極 24 と 26 にわたって印加される電圧に応答して、共振器 20 と 21 の双方に対して圧電層 22 は振動を生み出す。膜 28 とエアーギャップ 34 との間のインターフェースに届いた振動は、このインターフェースによって反射されて戻り膜 28 の中へ入る。このようにして、エアーギャップ 34 は、圧電層 22 が生み出した振動を基板 36 から分離する。

【0 0 4 6】図 4 と図 5 は、もう一つのデバイス、すなわち、一体固定型 BAW 共振器 23a の横断面の側面と平面とをそれぞれ示す。層 38b を備えていないことを除いて、BAW 共振器 23a は図 1 の BAW 共振器 20 の構造と類似の構造をしている。また、膜 28 とエアギャップ 34 とが音響ミラー 70 に取り替えられている。この音響ミラー 70 は、圧電層 22 が生み出した振動を基板 36 から音響上分離するものである。しかしながら、デバイス 23a が所望の周波数応答特性を与えることを可能にするためにデバイス 23a を同調する必要がある場合には、膜すなわち同調層（図示せず）を音響ミラー 70 と電極 24 との間に設けることもできることに留意されたい。

【0 0 4 7】音響ミラー 70 は奇数の層（たとえば 3 から 9 の層）を有してもよい。図 4 に示す音響ミラー 70 は 3 つの層、すなわち、最上層 70a、中間層 70b、および最下層 70c を有する。70a、70b および 70c の各層は、例えば、デバイスの中心周波数でほぼ 4 分の 1 に等しい波長の厚さを持つ。最上層 70a と最下層 70c は、例えば、シリコン (Si)、二酸化珪素 ( $\text{SiO}_2$ )、ポリシリコン、アルミニウム (Al)、あるいはポリマーのような低い音響インピーダンスを持つ材料から構成される。また、中間層 70b は、例えば、金 (Au)、モリブデン (Mo)、あるいはタングステン (W) (タングステンが望ましい) のような高い音響インピーダンスを持つ材料から構成される。連続した層の音響インピーダンス比は基板のインピーダンスを低い値に変えることができるほど大きい。圧電層 22 が振動すると、それが生み出す振動は、層 70a、70b および 70c によって実質的に基板 36 から分離される。振動がこのように分離されることにより、また、製造中は基板 36 のエッチングを必要としないために、BAW 共振器 23、基板 36 は、例えば、Si、 $\text{SiO}_2$ 、GaAs、ガラス、あるいはセラミック材料（たとえばアルミナ）のような、高低の音響インピーダンスを持つ様々な材料から成るものであってもよい。また、上記の高いインピーダンス絶縁層として、タンタル二酸化物を上述の材料の代わりに用いてもよい。

【0 0 4 8】図 6 に、もう一つのタイプの BAW 共振器 80 の横断面を示す。共振器 80 は、圧電層 22、第 1 下部電極 24、第 2 上部電極 26、膜 88、およびビア 92 を持つ基板 90 を有する。圧電層 22、第 1 および第 2 電極 24 と 26、および膜 88 は、例えば、 $2\mu\text{m}$  ～  $10\mu\text{m}$  の好適な厚さを持つ積層帯 (stack) を形成する。また、基板 90 は例えば、 $0.3\text{mm}$  ～  $1\text{mm}$  の厚さを持つことが望ましい。膜 88 の真下に位置するビア 92 の部分は、例えば、 $100\mu\text{m}$  ～  $400\mu\text{m}$  の長さを持つことが望ましい。基板 90 は例えば、Si または GaAs を有するものであってもよい。共振器 80 と上記共振器 20 とは、これらのデバイスの双方が、各デバイスの圧電層 22 によって生じる音響的振動を反射する空気インターフェースを用いるという点で同じように機能する。しかしながら、これら共振器 20 と 80 との間の主な相違点

は各デバイスを製造するために用いられる方法である。たとえば、共振器 80 の場合、層 22、24、26、および 88 のすべてが形成された後に、基板部分がエッチングされて基板 90 の下から取り去られビア 92 が形成される。

【0 0 4 9】上記 BAW 共振器の各々は、例えば、スパッタリングや化学的蒸着工程を含む薄膜技術を利用して製造してもよい。BAW 共振器は、例えば、水晶共振子の共振に類似した直列および並列共振を示す。BAW 共振器の共振周波数は、デバイスの層厚により典型的には約  $0.5\text{GHz}$  ～  $5\text{GHz}$  の範囲にわたることがある。また、BAW 共振器のインピーダンスレベルはデバイスの横寸法の関数である。

【0 0 5 0】もう一つのタイプ、すなわち積層型結晶フィルタ (SCF) の BAW デバイスの様々な実施例を示す図 8 ～ 図 1 3 を参照しながら論及する。図 8 と図 9 とは、積層型結晶フィルタ 20' を示す。SCF 20' は、層 36、32、30、24、22、38a、38b、エアギャップ 34、およびエッチ・ウインドウ 40a と 40b から構成されるが、これらは上記 BAW 共振器 20 の構成と類似している。これらの層に加えて、積層型結晶フィルタ 20' は、上記 BAW 共振器 20 の電極 26 に類似した、接地電極として用いる第 2 中間電極 26' も含む。SCF 20' はまた、電極 26' 上および圧電層 22 部分上に配置される追加圧電層 23 も含む。SCF 20' はさらに、圧電層 23 の最上部分上に配置される第 3 上部電極 25 を含む。電極 25 と 26' は、BAW 共振器 20 の電極 24 および 26 と類似の材料を有するものでもよい。また、圧電層 22 と 23 は、BAW 共振器 20 の圧電層 22 と類似の材料を有するものでもよい。また、図 8 と図 9 とを見て解るように、保護層 38a は SCF 20' の他の層の部分を覆うだけでなく、圧電層 23 と電極 25 の部分をも覆っている。説明上、SCF 20' の圧電層 22 および 23 をそれぞれ第 1 下部圧電層 22 および第 2 上部圧電層 23 とする。

【0 0 5 1】図 1 0 は、犠牲層 39 を加えた、図 8 および図 9 のフィルタと類似した積層型結晶フィルタ 21' を示す。エアギャップ（図 1 0 には示されていない）を形成するために、犠牲層 39 を用いる。犠牲層 39 が取り除かれる間、層 32 は圧電層 22 を保護する。

【0 0 5 2】図 4 と図 5 の BAW 共振器 23a の層と類似した、層 36、70、70a、70b、70c、24、22、および 38a を有する一体固定型積層型結晶フィルタ 23' を図 1 1 に示す。SCF 23' はまた、追加の圧電層 23、第 2 中間電極 26、および第 3 上部電極 25 も含む。電極 25 および 26' は、BAW 共振器 23a の電極 24 および 26 と類似の材料を有するものでもよく、圧電層 22 および 23 は、BAW 共振器 23a の圧電層 22 と類似の材料を有するものでもよい。圧電層 23 は電極 26' と圧電層 22 の部分上に配置し、また、電極 25 は、圧電層 23 の最上面上に配置する。SCF 23' の電極 26' は接地電極として機能し、音響ミラー 70 と圧電層 22 の部分を覆う。保護層 38a は、SCF 23' の他の部分を覆うだけでなく、層 23、25、と 26' の部分を覆う。図 1 2

は、電極24、25と26'、および保護層38aの一部を含むSCF23'の上層部分を示す。説明上、SCF23'の圧電層22と23は、それぞれ、第1下部圧電層22、および第2上部圧電層23とする。デバイス23'が所望の周波数応答特性を与えることを可能にするためにデバイス23'を同調する必要がある場合には、膜すなわち同調層（図示せず）をデバイス23'の音響ミラー70と電極24との間に設けることもできることに留意されたい。

【0053】図13は、上記BAW共振器80の構成と類似した、基板90、膜88、第1下部電極24、第1下部圧電層22、およびピア92から成る積層型結晶フィルタ80'を示す。これらの構成部品に加えて、SCF80'は、上記と類似の材料を含む第2上部圧電層23、第2中間電極26'、および第3上部電極25も含む。圧電層22と膜88の部分上に中間電極26'を配置する。中間電極26'と圧電層22の部分上に圧電層23を配置する。また、圧電層23上に第3電極25を配置する。このデバイスの第2電極26'は接地電極として機能する。

【0054】図1～図6のBAW共振器を製造するために使用するのと同じ基板材料と成膜方法とを用いて、図8～図13に示す積層型結晶フィルタの各々を製造することができる。上に参照したようにSCFの等価回路を図14に示す。また、上述したように、SCFは、等価キャパシタンス(Co)（図14参照）を持つ2ポートデバイスであり、LC共振回路に似た働きをする。SCFは直列共振を示す。上記のBAW共振器の場合と同様に、積層型結晶フィルタのインピーダンスレベルは、デバイスの横寸法の関数である。また、上記のBAW共振器の場合と同様に、各SCFの基本（直列）共振周波数はデバイスの基板上に配置した積層帯の厚さ（たとえば、電極、圧電層、および存在する場合には膜を含む）の関数である。

【0055】本発明の一つの態様を次に説明する。上述したように、BAWはしご形フィルタは、深いノッチと急勾配の傾斜を持つ通過帯域エッジを持つ通過帯域を示すことができる。しかし残念ながら、これらのフィルタは、阻止域減衰（たとえば帯域外拒絶）特性については貧弱なものしか示すことができない。また、上記のように、積層型結晶フィルタは、BAWはしご形フィルタが示すことができる阻止域減衰特性より良い阻止域減衰特性を一般に示すことができる。これらの点を考慮して、単一デバイス内にはしご形トポロジイとSCF中に接続したBAW共振器とを設けることによって、BAWはしご形フィルタと積層型結晶フィルタとの双方が与える所望の特性を提供できると本発明の発明者は決意した。さらに詳しく言えば、“直列”BAW共振器、“分路”BAW共振器、および積層型結晶フィルタから成り、深いノッチおよび急勾配の傾斜を持つ通過帯域エッジを持つ周波数応答を示し、また、積層型結晶フィルタが典型的に与えるレベルと類似の全体的阻止域減衰レベルも与えるフィルタを本発明のフィ

ルタは、例えば、個々のBAWはしご形フィルタあるいは個々のSCFデバイスによって与えることのできる周波数応答に比べて改善した周波数応答を与える。本発明のフィルタは、バルク弾性波共振器—積層型結晶フィルタ(BAW-SCF)デバイスまたは回路(FBARSCFデバイス)と言い、以下に詳述するように、例えば、はしご形フィルタトポロジイおよびバランスのとれたフィルタトポロジイを含む様々なトポロジイに従って具現化することができる。本発明のBAW-SCFデバイスのBAW共振器は、上記の、および図1～図6に示しているいずれのものに類似していてもよい。また、BAW-SCFデバイスのSCFは、上記の、および図8～図13に示しているいずれのものに類似していてもよい。

【0056】本発明のBAW-SCFデバイスの様々な実施例について説明する前に、これらのデバイスの性能および製造に関する本発明の態様をまず考察する。上述したように、SCFとBAW共振器は、各デバイスの積層帯の厚さ（たとえば、電極、圧電層、および存在する場合には膜を含む）の関数である共振周波数を示す。上記したように、フィルタの“設計”（すなわち所望の）心周波数にはほぼ等しい、あるいはその近辺の周波数で直列共振を産み出すように、また、フィルタの通過帯域の上部エッジの上方にフィルタがノッチを示すようにする並列共振を産み出すように典型的なBAWはしご形フィルタの内部に直列接続BAW共振器を構成する。また、“設計”フィルタの中心周波数にはほぼ等しい、あるいはその近辺の周波数で並列共振を産み出すように、また、フィルタの通過帯域の下部エッジの下方にフィルタがノッチを示すようにする直列共振を産み出すように並列接続BAW共振器は構成される。BAWはしご形フィルタにおいて、直列接続BAW共振器は、並列接続共振器よりいくぶん薄い積層帯を含むことが望ましい。これによって、並列接続BAW共振器の直列共振周波数より高い周波数で直列接続BAW共振器の並列共振が発生することが可能となる（したがってこれにより上部および下部の通過帯域ノッチを形成することが可能となる）。例えば、並列BAW共振器に付加層（たとえば膜層）を含めたり、並列BAW共振器に直列BAW共振器のそれぞれの層より大きな厚さを持つ層を含めることによって、直列および並列BAW共振器の積層帯厚の差をつけてもよい。積層帯厚の差を設けるのにどちらの方法を用いるかは、例えば、適用可能な設計要件、用いられる製造技術（たとえば、もっとも簡単なデバイスの製造を可能にする手順が望ましい）などのような、様々な考慮により決定される。本発明によって、BAWはしご形フィルタのBAW共振器に関するこれらの設計上の態様の各々も、以下に述べるBAW-SCFデバイスのBAW共振器と関連して与えられる。すなわち、以下に述べるBAW-SCFデバイスの各々について、“直列接続”BAW共振器は、“並列接続”BAW共振器よりも薄い積層帯を持つことが望ましく、これによって、

BAWR-SCFデバイスが、直列接続BAW 共振器の並列共振の周波数で上部ノッチを持ち、また、並列接続BAW 共振器の直列共振の周波数で下部ノッチを持つ周波数応答を産み出すことが可能となる。

【0057】各BAWR-SCF回路の各直列接続BAW 共振器は、BAWR-SCF回路に含まれる他の直列接続BAW 共振器（もし存在する場合）の積層帯の厚さに類似した厚さを持つ積層帯を持つことが望ましい。同様に、各BAWR-SCF回路の各並列接続BAW 共振器は、BAWR-SCF回路に含まれる他の並列接続BAW 共振器（もし存在する場合）の積層帯の厚さに類似した厚さを持つ積層帯を持つことが望ましい。所望の周波数応答特性（たとえば所望の中心周波数、通過帯域帯域幅、挿入損失のレベル、帯域外拒絶のレベル、通過帯域リプル振幅、ノッチ深さ、通過帯域エッジスロープなど）を産み出すようにBAW 共振器積層帯の特定の厚さを選択する方法は、適切な技術によるものであればいかなるものであってもよい。それ故、以下に述べるBAWR-SCFデバイスのBAW 共振器の設計に関する態様については、すべてのデバイスに関する以下の説明ではこれ以上記載しない。

【0058】もう一つの本発明の態様によれば、BAWR-SCF回路の“設計”中心周波数で、あるいはその近辺で基本（直列）共振周波数もしくは第2高調波（直列）共振周波数のいずれかをSCF が産み出すことができる厚さの積層帯を持つように、各BAWR-SCF回路のSCF を製造することができる。SCF の積層帯厚はそれぞれの場合において異なることが解る。積層帯厚のこの差は、積層帯の圧電層の厚さの差によって設けることが望ましい。もっともこの差は積層帯の残りの層の厚さの差によって与えてもよい。しかしながら、これらの“層の差”のいずれを用いるかは、適用可能な設計要件、各ケースのデバイス製造の相対的容易さ（たとえば、デバイス製造はできるだけ簡単であることが望ましい）などのような様々な考慮により決定してもよい。例えば、デバイス製造の容易さが関心事である場合には、圧電層の“差”によって積層帯厚の“差”を設けることが望ましく、また、各BAWR-SCF回路のSCF デバイスの上部、中間、および下部電極は、BAWR-SCFデバイスのBAW 共振器のそれぞれの電極と類似の厚さを持つことが望ましい。なぜなら、これによって、簡易化したデバイス製造（以下にさらに詳しく説明する）を考慮されるからである。しかしながら、以下にさらに詳しく説明するが、各SCF の電極のうちの少なくとも1つがBAW 共振器の電極とは異なる厚さを持つので、製造工程において起こり得る不完全さのみならず、設計、製造、および/または他の要件によって、SCF デバイスを製造することが現実には必要になることもあるということに留意されたい。また、膜層を含むように直列および分路BAW 共振器を構成する場合、膜層を含むようにSCF も構成することが望ましいということにも留意されたい。（上部および下部通過帯域ノッチを与えるよ

うに）分路BAW 共振器が直列BAW 共振器より厚い膜層を含む場合については、用いられる適用可能な設計基準や製造技術（製造工程はできるだけ簡単であることが望ましい）によって、直列あるいは分路BAW 共振器のいずれかの膜に類似した厚さを持つ膜層を含むようにSCF を構成してもよい。さらに、分路BAW 共振器が膜層を含み、かつ直列BAW 共振器は膜層を含まないように構成する場合、例えば、用いられる適用可能な設計基準や製造技術（たとえばデバイス製造はできるだけ簡単であることが望ましい）によって、膜層を含むあるいは含まないようにSCF を構成することもできる。これらの場合のいずれであれ、上に記載したように、BAWR-SCF回路の“設計”中心周波数で、あるいはその近辺で、基本（直列）共振周波数あるいは第2高調波（直列）共振周波数のいずれかをSCF が産み出すことができる全体的積層帯厚を持つように、各BAWR-SCF回路のSCF を製造する。

【0059】SCF の圧電層の厚さとBAWR-SCF回路のBAW 共振器との間の関係は、SCF がBAWR-SCF回路の中心周波数で基本共振あるいは第2高調波共振を産み出すかどうかに関して、図24～図27を見るとさらによく理解できよう。

【0060】図24は、BAW 共振器(A)の層22が(T)の厚さを持ち、SCF(B)の層22と23の各々がそれぞれ(T/2)の厚さを持つ場合について、個々のBAW 共振器(A)の積層帯の圧電層22（便宜上、共振器(A)の他の層は示していない）と個々のSCF(B)の積層帯の圧電層22と23（便宜上、SCF(B)の他の層は示していない）を例示する。図25は、はしご形フィルターのBAW 共振器がそれぞれ(T)の厚さを持つ圧電層を含むものと仮定した場合のBAW はしご形フィルターの典型的な周波数応答(A')を示す。周波数応答(A')は中心周波数(f1)を持っている。また、図24の圧電層22と23を持つ個々のSCF(B)は、周波数応答(B')と(f1)の基本共振周波数を産み出す。

【0061】図26は、BAW 共振器(A)の層22およびSCF(B1)の層22と23の各々がそれぞれ(T)の厚さを持つ場合について、個々のBAW 共振器(A)の圧電層22と個々のSCF(B1)の圧電層22と23を例示する。SCF(B1)は、図27に示すように、周波数(f1)で第2高調波共振を持ち、周波数(f1/2)で基本共振を持つ周波数応答(C')を産み出す。周波数応答(A')の一部分も、図25に示されており、周波数(f1)に通過帯域が集中している。

【0062】それぞれのBAWR-SCFデバイスのほぼ中心周波数でSCF が基本共振ではなく第2高調波共振を産み出すように本発明のBAWR-SCFデバイスを構成することが望ましい。これは、SCF が各デバイスのほぼ中心周波数で第2高調波共振を産み出す場合に、BAWR-SCFデバイスを製造し易いという理由によるものである。例えば、BAWR-SCFデバイスの中心周波数で基本共振を産み出すようにSCF を構成する場合については、それぞれのBAW 共振器およびSCF の下部電極層を含むそれぞれのBAW共振器お



よびSCF のそれぞれの積層帯の各々を同時に成膜し形成してもよい。しかしながら、この場合SCF の圧電層がBAW 共振器の圧電層とは異なる厚さを持っているので、BAW 共振器とSCF の圧電層とを同時に成膜することはできない。実際、この場合、BAW 共振器の単一圧電層を成膜する前か後のいずれかに、SCF の上部圧電層をSCF の下部層の上に成膜する必要がある。これは製造工程を複雑にし、マスク製作工程(masking step)の実行効率を必要とすることが解る。

【0063】しかしながら、SCF がBAWR-SCF回路のほぼ中心周波数で第2高調波を産み出すように各BAWR-SCFデバイスを製造する場合については、少なくともBAW 共振器の圧電層とSCF の下部圧電層を含むBAW 共振器とSCF のそれぞれの層を製造中に同時に成膜することができる。なぜなら、これらの圧電層は類似の厚さを持っているからである。(本発明のBAWR-SCFデバイスの一つを製造するステップの1例を以下に説明する)。この場合製造はより簡単であることが解る。所望であれば、SCF が、それぞれのBAWR-SCFデバイスのほぼ“設計”中心周波数で、基本および第2高調波共振周波数のほかに、他の高調波共振周波数を示すようにBAWR-SCF回路を製造することもできるということに留意されたい。

【0064】この第2高調波共振周波数におけるSCF デバイスの作用について、本発明のBAWR-SCFデバイスの性能と製造に関するもう一つの本発明の態様を今から考察する。上記のように、本発明のBAWR-SCF回路の製造を簡略化するために、BAWR-SCF回路のSCF デバイスの下部、中間、および上部電極がそれぞれのBAWR-SCF回路のBAW 共振器のそれぞれの電極と類似の厚さを持つことが望ましい。SCF は3つの電極層を含むが、一方BAW 共振器はたった2つの電極層しか含まず、例えばほぼ200nm の厚さを持つことのできる追加のSCF 電極層は、通常、受け入れられないほど大きな周波数の差(たとえばBAWR-SCF デバイスの性能に望ましくない影響を与える可能性のある差)でBAWR-SCF回路の所望の中心周波数とは異なる共振周波数をSCF に産み出させない。しかしながら、上に記載したように、現実には、適用可能な設計/製造基準および/または他の要件(たとえばSCF の電極の1つの全体的厚さに対する製造上の限界)を満たすために、SCF デバイスの電極の1つ以上がBAW 共振器電極とは実質的に異なる厚さを持つようにSCF デバイスを製造する必要がある場合もある。また、製造工程において起こり得る不完全さのために、ある程度まで“設計”厚さとは異なる厚さを1つ以上の積層帯に持たせるようにする場合もある。これらの不完全さおよび/または厚さの差のために、それぞれのBAWR-SCF回路の中心周波数から、受け入れられないほど大きな周波数の差だけ相殺される第2高調波周波数をSCF に産み出させることもあり得るので、その積層帯厚が“最適化”され、正確な共振周波数を与えることが可能となるように、それぞれのSCF を製

造することによって、この周波数の差を“補償する”ことが必要な場合もある。このような場合、他のSCF 積層帯(たとえば、圧電層)の厚さの最適化によってではなく、SCF の中間電極または上部電極の厚さの最適化によってこの“補償”を与えることが望ましい。その理由は、この推奨例の場合、BAW 共振器のそれぞれの圧電層およびSCF のそれぞれの下部圧電層はもちろん、BAW 共振器とSCF のそれぞれの下部電極の各々を同時に成膜できるからである(それらが類似の厚さを持っているため)。一方、中間電極と上部電極以外の層が“最適化”されたりすれば、製造はもっと困難になるであろう(なぜならその最適化された層は、BAWR-SCF回路のBAW 共振器の同じそれぞれの層とは異なる厚さを持つ傾向があるからである)。また、精確な厚さを持つように簡単に製造できる材料を一般に含む電極層とは異なり、一般の圧電材料は、精確な厚さになるように製造することは困難な場合がある。さらに、異なる厚さを持たず、圧電層の双方が類似の厚さを持っている(すなわち、成膜持続時間と工程パラメータがこの場合類似している)場合には、その製造工程は一般にもっと容易になる。

【0065】SCF が所望の共振周波数を産み出せるように“最適化”されて選択される層の精確な厚さは、いずれかの適切な既知技術に従って選択することができる。上部電極と中間電極のいずれを最適化するかは、例えば、用いる製造方法や設備の精確さの程度、および電極に使用する材料の種類を含む様々な考慮により決定してもよい。SCF の上部電極の厚さが最適化され、SCF の中間電極と下部電極がBAW共振器電極の厚さに類似した厚さを持つように構成されている場合については、各SCF の各BAW 共振器の最上部電極および中間電極を含め、BAW 共振器とSCF のそれぞれの積層帯を同時に製造することができる。

【0066】SCF が所望の共振周波数を産み出すことを可能にするために、場合によっては、電極層を除いた他のSCF 積層帯の厚さを最適化する必要がある場合もあることに留意されたい。例えば、適用可能な設計基準によって、SCF の電極をBAW 共振器電極の厚さに対して非常に厚くすることが要求され、これによって、所望のBAWR-SCF回路中心周波数から、受け入れられないほど大きな周波数の差だけ相殺される第2高調波周波数をSCF に産み出させることになることと仮定すれば、SCF が所望の共振周波数を与えることができるように、圧電層および/または膜層の一つの厚さを最適化する(たとえば減少させる)ことができる。

【0067】以下に述べるBAWR-SCF回路をモノリシック集積回路として製造することができる。あるいは、別個のそれぞれのウェーハ上に形成されるBAW 共振器とSCF 構成部品を含むようにこのBAWR-SCF回路を製造することもできる。また、上述したように、以下に述べるBAWR-SCF回路には、図1～図6に示す上記の様々な種類のBAW



共振器のいずれをも、また、図 8～図 1 3 に示す上記の様々な種類の SCF のいずれをも含むことができる。例えば、各 BAW 共振器と SCF は、図 1 の BAW 共振器 20 や図 8 の SCF 20' のような“橋かけ”構造（すなわち、1 つ以上の膜層）を含むことができる。また、例えば、各 BAW 共振器と SCF をそれぞれ、図 4 と図 1 1 に示すデバイスに類似した一体固定型デバイス（音響ミラーを含むデバイス）にすることもできる。音響ミラーデバイスを用いる場合には、上述のように分路 BAW 共振器が BAW-SCF 回路の通過帯域の下方にノッチを生むことができるように、それぞれの BAW-SCF 回路の分路 BAW 共振器は、最上音響ミラー層と下部電極層との間に膜層を含むことが望ましい。

【0068】BAWR-SCF 回路に音響ミラーデバイスを使用することにより、例えば、BAWR-SCF 回路に橋かけ構造を含むデバイスのような他の種類のデバイスを使用した場合に比べると、いくつかの利点が生じる。一つの利点として、音響ミラーデバイスのほうが、他の種類のデバイスよりも構造的により丈夫であるという点がある。もう一つの利点は、大電力のものに応用された場合、デバイスにおいて損失により発生するすべての熱を、音響ミラーを介して各デバイスの基板へ効率良く伝導できるということがある。

【0069】本発明の BAWR-SCF デバイスで音響ミラーデバイスを使用するさらなる利点として、BAWR-SCF デバイス内部で生じ得る高調波応答を減衰するのに音響ミラーを役立てることができるということがある。このことは、以下の例を見ればさらによく理解できる。この例では、以下に述べる BAWR-SCF デバイスにおいて、各 SCF の圧電層は、それぞれの BAW 共振器の個々の圧電層の厚さに等しい厚さをそれぞれ持っているものと仮定されている。また、その結果、各 SCF は BAWR-SCF デバイスの中心周波数で第 2 高調波共振を示すと仮定されている。また、BAWR-SCF デバイスの BAW 共振器と SCF は音響ミラー層を含み、かつ、各音響ミラー層はそれぞれの BAWR-SCF デバイスの中心周波数で  $\frac{4}{1}$  波長（たとえば  $\lambda/4$ ）の厚さを持つと仮定されている。この場合、各 SCF は、BAWR-SCF デバイスの中心周波数の  $\frac{2}{1}$  にほぼ等しい周波数で基本共振を示し、したがって、この周波数でスプリアスレスポンスを引き起こすこともある。SCF の基本共振周波数で、それぞれの音響ミラー層の厚さは  $\lambda/8$  である。当業者であればお解りのように、この周波数では、音響ミラーの最上層と SCF の下部電極との間のインターフェースによって SCF の底部圧電層へ向かって逆反射される音響エネルギーの量は小さい。その結果として、その基本共振周波数での SCF のスプリアスレスポンスは減衰される。BAWR-SCF 回路が、音響ミラー構造の代わりに“橋かけ”タイプの構造を含む場合には、SCF の基本共振周波数で生じることがあるすべてのスプリアスレスポンスを減衰するために、外部整合回路を用いても

よい。ただし、少なくとも若干の減衰は BAWR-SCF デバイスの BAW 共振器によっても与えられる。

【0070】もう一つの例として、SCF の各圧電層が、BAW 共振器の各個々の圧電層の厚さの  $\frac{2}{1}$  に等しい厚さを持つことが仮定されている。また、その結果、SCF が BAWR-SCF 回路の中心周波数で基本共振を示すことが仮定されている。この場合、BAWR-SCF 回路の SCF と BAW 共振器の高調波共振がスプリアスレスポンスを引き起こすことがある。ただし、BAWR-SCF 回路の中心周波数より低い周波数ではスプリアスレスポンスが生じることがあり得ない。例えば、SCF と BAW 共振器の第 2 高調波共振周波数でスプリアスレスポンスが生じることがある。SCF の第 2 高調波共振周波数で SCF の音響ミラー層は  $\lambda/2$  に等しい厚さを持ち、最上音響ミラー層と下部電極との間のインターフェースでデバイスの基板のインピーダンス変換は生じない。その結果として、このインターフェースによって音響エネルギーが、基板から逆方向に圧電層の方へ反射されることはないが、その代わりに基板へ伝播される。これによって SCF のスプリアスレスポンスはその第 2 高調波共振周波数で減衰する。

【0071】本発明の BAWR-SCF デバイスの製造に関してもう一つ考慮しなければならない点を以下説明する。BAW 構成部品を含む薄膜デバイス（たとえば BAW 共振器あるいは SCF）は 1 つ以上のビアを含むことがよくある。例えば、デバイスのもう一つの共振器の上部電極、外部回路（たとえばワイヤー基板に連結したボンディング・ワイヤー）、あるいはデバイスの導体パッドまたは端子（接続点としても言及した）のようなもう一つの構成部品に、1 つの BAW 構成部品の下部電極または中間電極を電気的に連結することを可能にするために導電材料が含まれるように、これらのビアのうちの少なくとも 1 つを用いることができる。もし、BAW 構成部品がその上部電極を介して、または、その下部電極を介してお互いに連結していれば、あるいは、BAW 構成部品が構成部品の上部電極を介して、例えば、外部回路や導体パッドに連結している場合には、これらのビアを設ける必要がない場合もある。

【0072】ビアは、フィルター内部の直列抵抗を増加させることがあり、また、フィルター内部で場所をとることがあるので、フィルターに含まれるビアの数はできるだけ少ないことが望ましい。それゆえに、フィルターには、BAW 構成部品の下部電極と中間電極との間、BAW 構成部品の下部電極と上部電極との間、BAW 構成部品の中間電極と上部電極との間、および BAW 構成部品の下部または中間電極およびフィルター導体パッドまたは外部回路との間に最少の数の接続部を含むことも望ましい。

【0073】1 例として、図 2 8 に、図 1 8 に示すものと類似の、BAW はしご形フィルター 44a の回路図を示す。図 2 8 において、BAW 共振器 43 の上部電極 (UE) をフィルター 44a の入力接続点 (In) に連結し、BAW 共振器 45

と46の上部電極(UE)をフィルター44aの出力接続点(Out)に連結し、また、BAW共振器46の下部電極(LE)を通常接地接続点(GND)に連結するのと同様の方法で、共振器42、43、45、および46をフィルター44aの内部に接続する。このように、フィルター44aの構造において、BAW共振器46の下部電極(LE)と接地接続点(GND)との間に単一のビアを設けることが必要である。このビアは、図28の回路図においてラベル“V”で表されている。残りの共振器42、43、45、46の残りの電極(LE)と(UE)との間の関係線も図28に示されている。

【0074】もう一つの例として、図29に関して、図28のフィルター44aに類似した、BAWはしご形フィルター44bの回路図を示す。しかしながら、フィルター44bでは、フィルター44に、BAW共振器43の下部電極(LE)を入力接続点(In)に連結し、BAW共振器42の下部電極(LE)を接地接続点(GND)に連結し、そしてBAW共振器45と46の下部電極(LE)を出力接続点(Out)に連結するように、BAWフィルター42、43、45、46は配置されている。この配置では、3つのビアV1、V2、V3をフィルター構造内に設ける必要がある。フィルター44aのトポロジの方がフィルター44bのトポロジより望ましいことが解る。なぜなら、フィルター44aはフィルター44bよりも少数のビアを含むからである。

【0075】さらなる例として、図30は、図21のバランスのとれたフィルター47に類似のバランスのとれたフィルター47aを示す。この例では、BAW共振器43の上部電極(UE)を入力接続点(In1)に連結し、BAW共振器48の上部電極(UE)を入力接続点(In2)に連結し、BAW共振器46と49の上部電極(UE)を出力接続点(Out2)に連結し、そしてBAW共振器45の上部電極(UE)とBAW共振器46の下部電極(LE)を出力接続点(Out)に連結するように、BAW共振器42、43、45、46、48、49をフィルター47aの内部で接続する。この配置では、ただ2つのビア、すなわちビアV1とビアV2だけをフィルター47に設けることが必要である。

【0076】以下に述べるBAWR-SCFデバイスの様々な実施例において、各デバイスの構造に最も少ない数のビアが存在することができるように、これらのデバイスのBAW共振器とSCFを配置することが望ましい。

【0077】本発明のBAWR-SCFデバイスの様々な実施例を以下説明する。図33については、本発明によって構成されるBAWR-SCFデバイスの基本トポロジを持つ回路の概略図が示されている。この回路、すなわち、BAWR-SCF回路(またはデバイス)1は、(“分路”)BAW共振器2、(“直列”)BAW共振器3、および積層型結晶フィルター4を有する。BAWR-SCFデバイス1は4ポートデバイスであることが望ましく、ポート(すなわち接続点)(P1)と(P2)とポート(01)と(02)を含むことが望ましい。ポート(P1)と(P2)は、例えば50オームポートであり、ポート(01)と(02)もまた、例えば、50オームポート

である。便宜上、SCF4の上部電極25、下部電極24、および中間電極26'とともに、BAW共振器2と3の上部電極26、下部電極24、および圧電層22のみを、図33の回路図に示す。

【0078】本発明の好ましい実施例において、BAW共振器2の電極26と24は、それぞれ、デバイス1の接続点(I)と接続点(G1)に接続している(接続点(G1)は使用中接地接続していることが望ましい)。BAW共振器3の上部電極26もまた、接続点(I)に連結する。BAW共振器3の下部電極24は、SCF4の下部電極24に連結する。SCF4の中間電極26'は接続点(G2)に連結する(接続点(G2)も使用中接地接続していることが望ましい)。また、SCF4の上部電極25は接続点(01)に連結する。BAW共振器2の下部電極24が接地接続点(G1)に連結しているので、デバイス1の構造にはビアを設ける。このビアはラベル“V”で図33に表わされている。説明上、BAW共振器2とBAW共振器3とをまとめて“Lセグメント5”と呼ぶことにする。

【0079】図31と図32を見ることによりBAWR-SCFデバイス1におけるビア(V)の精確な位置に対する理解をさらに良く得ることができよう。図31と図32は、BAWR-SCF回路1のBAW共振器2の典型的な構造の横断面を示すものである。図31と図32を見て解るように、この例のBAW共振器2は、橋かけ構造を持ち、図1のBAW共振器20と類似した層を含む。図32にビア(V)が示され、ビア(V)の内部には、共振器構造の下部電極24をBAWR-SCFデバイス1の接続点(G1)(図31乃至32には示されていない)に連結する電極101が示されている。

【0080】再度図33を参照すると、上記の説明によれば、(直列)BAW共振器3によって産み出される直列および並列共振が、BAW共振器2によって産み出される直列および並列共振周波数よりいくぶん高い周波数で発生するように、(直列)BAW共振器3はBAW共振器2より薄い積層帯を持つことが望ましい。また、上記の説明によれば、BAW共振器3によって産み出される並列共振のために、デバイス1は、デバイスの通過帯域の上部エッジの上方にノッチを示すことになる。また、BAW共振器2によって産み出される直列共振のために、デバイス1は、デバイスの通過帯域の下部エッジの下方にノッチを示すことになる。また、BAW共振器3の直列共振とBAW共振器2の並列共振とはBAWR-SCF回路1の中心周波数近辺で発生し、この中心周波数はまたLセグメント5の中心周波数でもある。さらに、上記の説明によれば、デバイス1のほぼ中心周波数で(すなわち、Lセグメント5のほぼ中心周波数で)SCF4が第2高調波共振を示すように、デバイス2、3、4を構成することが望ましい。

【0081】図34は、1) ほぼ25MHzの帯域幅と約947.5MHzの中心周波数を持つ通過帯域を産み出すようにデバイス1が構成されていて、2) デバイス1のポート(P1)と

(P2)が50オームポートであり、3)デバイス1のポート(01)と(02)が50オームポートであり、4)個々のBAW共振器2と3およびSCF4が、それぞれ、表3、表4、表5に示されている厚さを持つ層を含む典型的な場合のBAWR-SCF回路1の周波数応答を示す。これらの表に示されている典型的なサイズを見て解るようにSCF4の下部および上部圧電層22と23の各々は、BAW共振器2と3のそれぞれの圧電層22の厚さに等しい厚さを持っている。また、SCF4の中間電極(接地電極)26'は520nmの厚さを持っている。これらの厚さを持つことにより、SCF4はBAWR-SCF回路1の中心周波数で第2高調波周波数を示す。このことは図38と図39を見ることによりさらによく理解できる。図38はSCF4の周波数応答(FR)のみを示す。表5に示されている層のサイズを持つことにより、SCF4は、ほぼ511MHzで基本共振を、またほぼ947.5MHzで第2高調波共振を産み出す。図39に、BAW共振器2と3のはしご形配置(Lセグメント5)の周波数応答(FR1)が、SCF4の周波数応答(FR)の上に重ねて示されている。図39を見て解るように、SCF4の共振周波数は、BAW共振器2と3のはしご形配置(Lセグメント5)の中心周波数に類似している。

【0082】

【表2】

表5

表4

表3

直列共振器		分路共振器		SCF	
層	厚さ	層	厚さ	層	厚さ
上部電極26	250nm	上部電極26	250 nm	上部電極25	250nm
圧電層22	2362nm	圧電層22	2362 nm	上部圧電層23	2362 nm
下部電極24	250nm	下部電極24	250 nm	接地電極26'	520 nm
第1膜層	62nm	第1膜層	62 nm	下部圧電層22	2362 nm
		第2膜層	213 nm	下部電極24	250 nm
電極面積	225um*225 um	電極面積	372 um*372 um	第1膜層	62 nm
				第2膜層	213 nm
				電極面積	340 um*340 um

【0083】図34で、通過帯域の上部エッジの上方に位置するノッチ(N1)および通過帯域の下部エッジの下方に位置するノッチ(N2)を示す。ノッチ(N1)はBAW共振器3の並列共振によって生じ、ノッチ(N2)はBAW共振器2の直列共振によって生じる。

【0084】BAWR-SCFデバイス1は、例えば、図16の個々ののはしご形フィルタ41(このフィルタ41はBAWR-SCFデバイス1とは異なり、SCF4を含まない)、あるいは個々のSCFによって産み出される周波数応答より改善された周波数応答を示す。このことは図35を見て理解できる。この図35は、図16のフィルタ41の周波数応答41'と個々のSCF4の周波数応答4a'とを重ね合わせ

たBAWR-SCF回路1の周波数応答を示す。図35を見て解るように、BAWR-SCF回路1のBAW共振器2と3は、周波数応答1'が急勾配の傾斜を持つ上部および下部の通過帯域エッジと通過帯域の上方および下方に深いノッチとを持つことを可能にする。また、SCF4は、デバイスが、例えば、図16のはしご形フィルタ41によって産み出される阻止域減衰より大きな阻止域減衰（たとえば帯域外拒絶）を示すことを可能にする。

【0085】関心を持つ適用例の要件によって、ポート(P1)と(P2)と(01)と(02)の対のいずれかをBAWR-SCFデバイス1の入力ポートまたは出力ポートとして用いることができるということに留意されたい。なぜなら、ポート(P1)と(P2)からポート(01)と(02)への方向にも、あるいはポート(01)と(02)からポート(P1)と(P2)への方向のいずれへも、BAWR-SCFデバイス1の内部でのエネルギーの伝送を行うことができるからである。エネルギーをBAWR-SCFデバイス1の内部で、両方向へ伝送することができるので、デバイス1はそれぞれの場合に同様に機能し、それぞれの場合に（上記の）同じ性能特性を産み出す。

【0086】本発明の好ましい実施例に従って、BAWR-SCFデバイス1は単一のウェーハ上に構成されており、表3、表4、表5にリストされている層を含む以下のステップに従って製造することができる。

【0087】1. 基板上に第1膜層を成膜する。第1膜層は、例えば、62nmの厚さを持ちSiO<sub>2</sub>から成る。

【0088】2. 第1膜層上に第2膜層を成膜し、分路BAW共振器2およびSCF4の残りの積層帯をステップ3～8で成膜するための“クッション”層を生み出すためにパターンをつける。それから、エッチングを行い、成膜した第2膜層のいくつかの部分を取り除く。それらの部分の上には、分路BAW共振器2およびSCF4の層をそれ以上成膜しない。第2膜層は、例えば、213nmの厚さを持ちSiO<sub>2</sub>から成る。

【0089】3. ステップ1と2で形成した層の上に電極層を成膜し、パターンをつくりBAW共振器2と3の下部電極層およびSCF4を形成する。下部電極層は、例えば、250nmの厚さを持ちMoから成る。

【0090】4. 下部電極層の上に第1圧電層を成膜し、パターンをつくりBAW共振器2と3の圧電層およびSCF4の下部圧電層を形成する。これらの圧電層は、例えば、2362nmの厚さを持ちZnOから成る。

【0091】5. 次のステップとして、デバイス2、3、4の下部層の上にもう一つの電極層を成膜し、パターンをつくりSCF4の中間電極を形成する。BAW共振器2と3の上に成膜されたこの成膜電極層の部分は、エッチングによって取り除かれる。この電極層は、例えば、520nmの厚さを持ちMoから成る。

【0092】6. 次のステップは、SCF4の中間電極の上に第2圧電層を成膜しパターンをつけることを含む。第2圧電層は、例えば、2362nmの厚さを持ちZnOから成

る。

【0093】7. 次のステップは、BAW共振器2と3およびSCF4の下部層上にさらなる電極層を成膜しパターンをつけ、それによってデバイス2、3、4の上部層を形成することを含む。上部電極層の厚さは、例えば、250nmで、電極層はMoより成る。

【0094】8. さらなるステップは、必要な場合には、前述のステップで形成された層の上に保護層を成膜することを含む。

【0095】個々のBAW共振器2と3およびSCF4が橋かけ構造を含む場合には、ステップ1の実施より前に、膜層と保護層の中に各々の開口部（すなわち、窓）を形成し、ウエットエッチングによって犠牲層を取り除くステップを行うということに留意されたい。

【0096】関心を持つ特定の適用例に必要とされる特定の周波数応答特性によって、本発明のBAWRSCFデバイスのための、図33に示されているトポロジ以外の他のトポロジを設けることもできる。例えば、もっと狭い通過帯域の帯域幅（たとえば、947.5GHzに集中している25MHzの通過帯域の帯域幅の代わりに、947.5GHzに集中している5MHz通過帯域の帯域幅）を産み出すことが必要な場合、Lセグメント5を形成するBAW共振器2と3が“逆”配置を持つことを除いて、図33の回路に類似したBAWR-SCF回路を設けることができる。図36について言えば、例として、図33のLセグメント5に関連して、BAWR-SCF回路16のBAW共振器2と3が“逆”配置を持つことを除いて、図33のBAWR-SCF回路に類似したBAWR-SCF回路16が設けられる。この配置では、BAW共振器3の上部電極26は、接続点(I1)に連結し、また、BAW共振器3の下部電極24は接続点(I2)に連結する。BAW共振器2は、接続点(I2)と接地接続点(G1)との間に接続する。BAW共振器2の下部電極24は接続点(I2)に連結し、BAW共振器2の上部電極26は接地接続点(G1)に接続する。SCF4の下部電極24は接続点(I2)に連結し、SCF4の中間電極26'は接地接続点(G2)に接続し、そして、SCF4の上部電極25は接続点(0)に接続する。

【0097】BAWR-SCF回路16は、図33のBAWR-SCF回路1によって示されているものよりも狭い通過帯域の帯域幅を示す。BAWR-SCF回路16の集中素子等価回路を示す図37を見ることによりこのことはさらによく理解できる。この等価回路は、SCF4の等価回路4b'、2'、3a'およびBAW共振器2と3をそれぞれ含む。SCF等価回路4b'の分路キャパシタンス(Co1)は、BAW共振器等価回路2'の並列キャパシタンス(Cop)と並列になっている。その結果、BAW共振器2の有効等価分路キャパシタンスは、(Cop)だけによって画定される代わりに等価キャパシタンス(Cop)と(Co1)によって画定される。また、その結果、BAW共振器2の直列共振は、等価インダクタンス(Lmp)および等価キャパシタンス(Cmp)によって画定され、(分路)BAW共振器2の並列共振が、例えば、図3

3のBAWR-SCF回路1のBAW共振器2によって産み出される並列共振周波数より周波数スペクトル上の低い周波数で発生する。これは、BAWR-SCF回路16のBAW共振器2によって産み出される直列および並列共振周波数を、周波数スペクトル上で、例えば、BAWR-SCF回路1のBAW共振器2の直列および並列共振周波数よりお互いにもっと近づけさせる。積層型BAW共振器2の厚さが、例えば、所望の並列共振周波数を産み出すことができるBAWR-SCF回路1のBAW共振器2の厚さより適当な量だけ小さくなるように、BAW共振器2を製造することによって、BAWR-SCF回路16のBAW共振器2の並列共振周波数が、所望の周波数まで（たとえば、BAWR-SCF回路1のBAW共振器2の同じ並列共振周波数まで）増加することが望ましい。デバイスの積層帯厚に基づく所望の共振周波数をBAWデバイスが産み出すことができるように、選択された精確な積層帯厚を適切な既知技術によって決定してもよい。共振器積層帯の厚さを薄くなることによって、BAW共振器2の直列共振周波数が増加する。BAW共振器2の直列共振周波数はBAWRSCF回路16の通過帯域の下方にノッチを生じさせるので、このノッチが生じる周波数も増加し、BAWR-SCF回路の通過帯域の帯域幅は、BAWR-SCF回路1の通過帯域の帯域幅に関して、もっと狭くなることが解る。

【0098】図40は、表3、表4、表5にそれぞれ示す厚さを持つ層を1)デバイス3、2、4が含み、2)分路共振器2の第2膜層が、213nmの代わりに158nmの厚さを持ち、3)分路共振器2の上部電極の面積が $372\mu\text{m} \times 372\mu\text{m}$ の代わりに $200\mu\text{m} \times 200\mu\text{m}$ である典型的な場合の、BAWR-SCF回路16の周波数応答106を示す。図40において、周波数応答106は、周波数応答107の上に重ねられており、（“逆”Lセグメントを含まない）図33のBAWR-SCF回路1の図34の周波数応答を表わしている。また、周波数応答108も図40に示されている。周波数応答108は、BAW共振器2と3が表4と表3にそれぞれ示されている厚さを持つ層を含む場合について、図36のBAWRSCF16のBAW共振器2と3の逆Lセグメント配置の周波数応答を表わしている。

【0099】図41は、本発明のもう一つの実施例に従って構成されているBAWR-SCF回路13を示す。BAWR-SCF回路13は、BAWR-SCF回路13が、BAW共振器2と3およびSCF4を加えた（直列）BAW共振器14と（分路）BAW共振器15とを有することを除いて、図33のBAWR-SCF回路1に類似している。共振器2と3およびSCF4が図33のBAWR-SCF回路1の内部で接続しているのと同様に、BAW共振器2と3およびSCF4をBAWR-SCF回路13内部で接続する。BAWR-SCF回路13のBAW共振器14をSCF4と接続点(0)との間で接続する。本発明の好ましい実施例では、BAW共振器14の下部電極24はSCF4の上部電極25に連結し、BAW共振器14の上部電極26は接続点(0)に接続する。BAW共振器15は接続点(0)と接地接続点(G3)の間で接続する。BAW共

振器15の上部電極26を接続点(0)に連結することが望ましく、また、BAW共振器15の下部電極24を接地接続点(G3)に接続することが望ましい。この配置では、3つのビア、すなわちビアV1、ビアV2、およびビアV3をデバイス13に設ける。

【0100】図42は、BAW共振器3と14の層が上記表3に示す厚さを持ち、BAW共振器2と15の層が上記表4に示す厚さを持ち、SCF4の層が上記表5に示す厚さを持つ典型的な場合についての、BAWR-SCF回路13の周波数応答を示す。

【0101】図42を見て解るように、BAW共振器2と22の直列共振は、BAWR-SCF回路13がBAWR-SCF回路13の通過帯域の下方にノッチ(N1)を産み出すことを可能にし、またBAW共振器3と14は、BAWR-SCF回路13がBAWR-SCF回路13の通過帯域の上方にノッチ(N2)を産み出すことを可能にする。BAWR-SCF回路13のSCF4は、BAWR-SCF回路1のSCF4と同様に機能する。BAWR-SCF回路1（図33）と13の周波数応答をそれぞれ示す図34と図42とを見て解るように、回路13にBAW共振器14と15を含むことにより、BAWR-SCF回路1が与えるよりもっと大きな阻止域減衰をBAWRSCF回路13が与えることが可能となる。例えば、図18の先行技術によるBAWはしご形フィルタ44が与えるよりもっと良い阻止域減衰特性をBAWR-SCF回路13は与える。例えば、図19に示す、図42の周波数応答とBAWはしご形フィルタ44の周波数応答の双方について言えば、BAWフィルタ13が与える阻止域減衰のレベルは、BAWR-SCF回路44のレベルに比べて20dbだけ改善される。一方、それぞれの周波数応答の通過帯域の帯域幅および通過帯域リプルの大きさは類似している。

【0102】図41のBAWR-SCF回路13と類似の周波数応答特性を産み出すが、BAWR-SCF回路13によって産み出されるものよりもっと狭い通過帯域の帯域幅を産み出すBAWR-SCF回路を設ける必要がある場合、図43に示すような本発明によるBAWR-SCF回路13'を設けてもよい。このBAWRSCF回路13'には、BAW共振器2、3、14と15、並びにSCF4が含まれる。本発明の好ましい実施例では、BAW共振器3の上部電極26を接続点(I1)に連結し、BAW共振器3の下部電極24を接続点(I2)に連結する。BAW共振器2は、接続点(I2)と接地接続点(G1)の間で接続する。BAW共振器2の上部電極26は接地接続点(G1)に連結し、BAW共振器2の下部電極24は接続点(I2)に連結する。SCF4の下部電極24は接続点(I2)に連結し、SCF4の中間電極26'は、接地接続点(G2)に連結し、そしてSCF4の上部電極25はBAWR-SCF回路13'の接続点(I3)に連結する。BAW共振器15の下部電極24は接続点(I3)に連結し、BAW共振器15の上部電極26は接地接続点(G3)に連結する。BAW共振器14の下部電極24は接続点(I3)に連結し、BAW共振器14の上部電極26は接続点(0)に連結する。

【0103】BAWR-SCF回路13'のこの配置のために、BAWR-SCF回路13'は図41のBAWR-SCF回路13によって産み

10

20

30

40

50

出される通過帯域の帯域幅よりもっと狭い通過帯域の帯域幅を産み出す。BAWR-SCF回路13'にBAW共振器14と15を含むことにより、例えば、BAW共振器14と15を含まないBAWR-SCF回路16よりもっと良い阻止域減衰をBAWR-SCF回路13'が与えることが可能となることが解る。理想的な場合には、BAW共振器14と15はBAWRSCF13'の通過帯域の帯域幅に影響を与え、この帯域幅をある程度まで狭める。

【0104】図44を参照しながら、本発明によるバランスのとれたフィルター（または“BAWR-SCF回路”と呼ぶ）17について以下説明する。本発明の好ましい実施例に従って、バランスのとれたフィルター17はBAW共振器2、3、3'、14、14'、15、とSCF4並びにSCF4'を有する。BAW共振器2とBAW共振器3は、上記の“Lセグメント”配置と類似の“Lセグメント”配置で接続する。さらに詳しく言えば、フィルター17の接続点(11)と(12)にわたってBAW共振器2を接続する。BAW共振器2の上部電極26は接続点(11)に接続し、BAW共振器2の下部電極24は接続点(12)に接続する。BAW共振器3の上部電極26はまた接続点(11)にも接続し、BAW共振器3の下部電極24はSCF4の下部電極24に連結する。SCF4の中間電極26'は接地接続点(G)に連結し、SCF4の上部電極25はBAW共振器14の下部電極24に接続する。BAW共振器14の上部電極26は接続点(01)に接続する。

【0105】また、本発明の好ましい実施例では、BAW共振器3'の上部電極26は接続点(12)に接続し、BAW共振器3'の下部電極24はSCF4'の下部電極24に接続する。SCF4'の中間電極26'は接地接続点(G)に連結し、SCF4'の上部電極25は共振器14'の下部電極24に連結する。BAW共振器14'の上部電極26は接続点(02)に連結する。BAW共振器15は接続点s(01)と(02)にわたって接続する。BAW共振器15の下部電極24は接続点(01)に連結し、BAW共振器15の上部電極26は接続点(02)に連結する。この配置では、ビアV1、V2、V3、V4はBAWR-SCF回路17の構造中に設けられることが解る。このBAWR-SCF回路17はBAWR-SCF回路13と同様に機能し、BAWR-SCF回路13が示す通過帯域反応（図42に示す）と類似の通過帯域反応を示す。しかしながら、図44のバランスのとれたフィルター17では、接続点(11)と(12)の対および(01)と(02)の対の一つに印加された信号間に、また、これらの接続点の他の対における出力信号間に180°の位相差がある。もっともこれらの信号は等しい大きさを持つけれども。バランスのとれた入力部と出力部を持つ2つの回路構成部品（たとえば増幅器）の間を伝わるバランスのとれた信号を濾波する必要がある場合に、このバランスのとれたフィルター17を用いることができる。

【0106】このバランスのとれたフィルター17をこのような場合に使用することは、バランスのとれていないフィルターを使用する場合に比べてより有利である。なぜなら、バランスのとれていないフィルターを仮に回路

構成部品の間で用いる場合、バランスのとれていないフィルターへ信号出力を印加する前に、構成部品のなかの第1の部品によるバランスのとれた信号出力をバランスのとれていない信号に変換する必要がある、それから、バランスのとれていないフィルターによって出力した後バランスのとれた信号へ変換し直す必要があるからである。

【0107】上述の説明から解るように、上記のBAWR-SCF回路の各々は、それらの示された個々のBAWはしご形フィルターと個々のSCFデバイスより改善した周波数応答特性を産み出す。個々のBAWはしご形フィルターと個々のSCFデバイスが、いくぶん改善した周波数応答を産み出すのに同調素子の使用を必要とするのに対して、改善した周波数応答特性をデバイスが産み出すことができるようにするために、このBAWR-SCF回路では（たとえば誘導子のような）同調素子の使用を必要としないので、本発明のBAWR-SCFデバイスは、同調素子を組み込んだ個々のBAWはしご形フィルターや個々のSCFデバイスに比べてサイズをより小さくすることができ、また、複雑な構成にする必要がない。

【0108】上記の様々な実施例の各々はほぼ500Mhzから5Ghzの範囲の周波数にわたって動作可能である。BAWR-SCFデバイスは縦モードで動作することが望ましい。なぜならこれは、（電極に対して垂直な）デバイスの圧電層のより簡単な製造を可能にするからである。しかしながら、他の実施例では、（たとえば電極層に対して平行な圧電層軸のように）層サイズを適切に選べばこのBAWR-SCFデバイスを横モードで作動させることができる。

【0109】本発明は上記のトポロジを持つBAWR-SCF回路に限定されることを意図したものではないこと、また、他のトポロジを持つBAWR-SCFデバイスを設けることもできることに留意されたい。例えば、適用可能な性能基準によって、付加的BAW共振器および/またはSCFを含むBAWR-SCF回路を設けることもできる。しかしながら、（たとえばBAW共振器とSCFというような）より小さな構成部品面積を持つBAWR-SCFデバイスは、より大きな構成部品面積を持つBAWR-SCFデバイスに比べてより小さなレベルの挿入損失を持つということに留意されたい。また、上記の表に記載されているBAW共振器とSCFのサイズは、本質的に典型的な場合を意図したものであり、また、BAW共振器とSCFには、（たとえば、通過帯域の帯域幅、中心周波数、挿入損失レベルなどのような）所望の周波数応答特性を与える他の適切なサイズを設けることができる。

【0110】さらに、BAWR-SCF回路の内部でBAW共振器とSCFとを相互接続する方法を変更することもできる。例えば、本発明の代替実施例に従って、BAW共振器2の上部電極26を接地接続点(G1)に連結し、下部電極24を接続点(1)に接続するように図33のBAWR-SCF回路1のBAW共振器2を回路1の内部で接続してもよい。また、BA

W 共振器 3 の下部電極 24 を接続点 (I) に接続し、BAW 共振器 3 の上部電極 26 を SCF4 の電極 25 に接続するように、BAWR-SCF 回路 1 の BAW 共振器 3 を接続してもよい。同様に、SCF4 の電極 24 を BAWR-SCF 回路 1 の接続点 (O1) に接続してもよい。しかしながら、この実施例では、上記の回路 1 の好ましい実施例で設けるよりも多くのビアを設ける必要があることが解る。上記のデバイスのそれぞれについて、デバイス信号のどちら側に印加するかによって、各デバイスの内部でいずれの方向へもエネルギーの伝送を行うことができるということにもまた留意されたい。いずれの場合についても、BAWR-SCF デバイスは同様に機能し、同様の性能特性を示す。

【0 1 1 1】さらなる本発明の態様について以下説明する。上述したように、例えばセラミック送受切換え器や SAW デバイスを含む送受切換え器のような従来型の送受切換え器にはいくつかの欠点がある。例えば、一般のセラミック送受切換え器はサイズが望ましくないほど大きく、GSM 送信用用機器で使用するような SAW デバイスはある大きな RF 電力レベルでは機能することができない。これらの先行技術による二重フィルタに関連する問題点を考慮して、発明者は、GSM 送信機が用いるものを含む、従来型のセラミック送受切換え器よりサイズが小さく、また、高 RF 電力レベルで作動できる新規な二重フィルタを開発した。

【0 1 1 2】本発明の好ましい実施例に従って構成される二重フィルタ（送受切換え器）51 の概略図を図 4 5 に示す。この送受切換え器 51 は、少なくとも 1 つのアンテナ (ANT)、第 1 “送信” 部分 (“TX1” とラベル) および第 2 “受信” 部分 (“RX1” とラベル) を有する。この送受切換え器 51 をトランシーバに用いることもできる。例えば、トランシーバの内部に送受切換え器 51 が接続している間、第 1 部分 (TX1) は、フィルタートランシーバの送信機部分 (TX) が出力する信号を、アンテナ (ANT) によってトランシーバからその信号が送信される前に濾波する。また、トランシーバの内部で、送受切換え器 51 の第 2 部分 (RX1) はアンテナ (ANT) が受信した信号を濾波し、それからトランシーバの受信機部分 (RX) へ濾波された信号を送る。

【0 1 1 3】送受切換え器 51 の第 1 部分 (TX1) は BAWR-SCF 回路 53 および BAW 共振器 (RS1) を含み、送受切換え器 51 の第 2 部分 (RX1) は BAWR-SCF 回路 55 と共振器 (RS2) を含む。本発明の BAW の好ましい実施例に従って、第 1 部分 (TX1) の BAWR-SCF 回路 53 は図 4 1 の BAWR-SCF 回路 13 と類似の構成部品を有し、BAW 共振器 2、3、14、と 15、および SCF4 を含む。図 4 1 の BAW 共振器 2 と 3 および SCF4 を BAWRSCF 回路 13 の内部で接続するのと同様の方法で、送受切換え器 51 の第 1 部分 (TX1) の BAW 共振器 2 と 3 および SCF4 をこのデバイスの内部に接続することが望ましい。また、BAW 共振器 14 の上部電極 26 が SCF4 の上部電極 25 に連結し、BAW 共振器 14 の下部電極 24 が接続点 (I

2) に連結するように、第 1 部分 (TX1) の BAW 共振器 14 を第 1 部分 (TX1) の内部に接続することが望ましい。上部電極 26 が接地接続点 (G3) に連結し、下部電極 24 が接続点 (I2) に連結するように、BAW 共振器 15 を第 1 部分 (TX1) の内部で接続することが望ましい。BAW 共振器 (RS1) は、アンテナ (ANT) に連結した接続点 (A1') と接続点 (I2) との間で連結する。BAW 共振器 (RS1) の下部電極 24 は接続点 (I2) に連結し、BAW 共振器 (RS1) の上部電極 26 は接続点 (A1') に連結する。この配置で、送受切換え器 51 の第 1 部分 (TX1) にはビア V1 と V2 が含まれる。

【0 1 1 4】上述したように、送受切換え器 51 の第 2 部分 (RX1) は BAWR-SCF 回路 55 と BAW 共振器 (RS2) を含む。本発明の好ましい実施例では、BAW 共振器 (RS2) の上部電極 26 は接続点 (A1') に連結し、BAW 共振器 (RS2) の下部電極 24 は接続点 (I3) に連結する。BAWR-SCF 回路 55 は図 4 1 の BAWR-SCF 回路 13 と類似した構成部品を含む。しかしながら、送受切換え器 51 の第 2 部分 (RX1) において、BAW 共振器 2 の上部電極 26 は接続点 (G4) に連結することが望ましく、BAW 共振器 2 の下部電極 24 は接続点 (I3) に連結することが望ましい。また、BAW 共振器 3 の下部電極 24 は接続点 (I3) に連結することが望ましく、BAW 共振器 3 の上部電極 26 は SCF4 の上部電極 25 に連結することが望ましい。SCF4 の中間電極 26' は接地接続点 (G5) に連結する。BAW 共振器 14 の下部電極 24 が SCF4 の下部電極 24 に連結するように、また、BAW 共振器 14 の上部電極 26 が接続点 (I4) に連結するように、第 2 部分 (RX1) の BAW 共振器 14 をこのデバイスの内部で接続することが望ましい。共振器 15 の上部電極 26 が接続点 (I4) に連結し、下部電極 24 が接続点 (G6) に連結するように、BAW 共振器 15 を送受切換え器 51 の第 2 部分 (RX1) の内部に接続することが望ましい。この配置で、送受切換え器 51 の第 2 部分 (RX1) にはビア V3 と V4 が含まれる。

【0 1 1 5】送受切換え器 51 のそれぞれの第 1 と第 2 部分 (TX1) と (RX1) の BAWR-SCF 回路 53 と 55 は図 4 5 に示すものとは別のトポロジを持つこともできるということに留意されたい。例えば、それぞれの第 1 と第 2 部分 (TX1) および (RX1) の BAWR-SCF 回路 53 と 55 は、図 5 1 と図 5 3 のブロック 156 と 164 にそれぞれ示されているものと類似したトポロジを持つこともできる。この場合のトポロジは、より少数の BAW 共振器を用いていることを除いて、図 4 5 のそれぞれの部分 (TX1) と (RX1) のトポロジと同じであることが解る。入力部 152 と出力部 154 を図 5 1 に、また、入力部 160 と出力部 162 を図 5 3 に示す。また、送受切換え器 51 の適用可能な性能基準によって、例えば、送受切換え器 51 のそれぞれの第 1 と第 2 部分 (TX1) および (RX1) は、上記の図 3 6 と図 4 3 に示すデバイスに類似したトポロジを持つようにすることができるし、あるいは、他の適切なトポロジを用いてもよい。

【0 1 1 6】本発明に従って、第 2 部分 (RX1) の選択通

過帯域（たとえば受信帯域）周波数とは異なる選択周波数にわたる通過帯域（たとえば送信帯域）を第1部分(TX1)が産み出すように送受切換え器51を構成する。すなわち、第1部分(TX1)の通過帯域の上方に第1部分(TX1)が選択周波数f2でノッチを与えることができる並列共振を産み出すように、第1部分(TX1)の直列BAW共振器を同調することが望ましい。また、第1部分(TX1)の通過帯域の下方に第1部分(TX1)が選択周波数f1でノッチを与えることができる直列共振を産み出すように、第1部分(TX1)の並列BAW共振器を同調することが望ましい。選択周波数f4で第2部分(RX1)の通過帯域の上方に第2部分(RX1)がノッチを与えることができる並列共振を産み出すように、送受切換え器51の第2部分(RX1)の直列BAW共振器を同調することが望ましい。また、第2部分(RX1)の通過帯域の下方に第2部分(RX1)が選択周波数f3でノッチを与えることができる直列共振を産み出すように、第2部分(RX1)の並列BAW共振器を同調することが望ましい。また、送受切換え器51のそれぞれの部分(RX1)と(TX1)の所望の中心周波数で、あるいはその近辺で、それぞれ、直列共振および並列共振を産み出すように、送受切換え器51の部分(RX1)と(TX1)の直列および並列BAW共振器を構成することが望ましい。また、この送受切換え器のこれらの部分(RX1)と(TX1)のそれぞれの所望の中心周波数で、直列共振を産み出すように、送受切換え器51のこれらの部分(RX1)と(TX1)のSCFを構成することが望ましい。

【0117】送受切換え器51のそれぞれの部分(RX1)と(TX1)に対してハイレベルの選択度を設けることができるように、送受切換え器51のそれぞれの第1および第2部分(TX1)と(RX1)の通過帯域を周波数スペクトル上でお互いに離れた十分な間隔を置いて配置することが望ましい。

【0118】図48は、GSM トランシーバーで使用するために送受切換え器51を設計する典型的な場合（すなわち、GSM 適用例において、送信帯域は理想的には890MHz～915MHzの周波数の間にわたり、受信帯域は、理想的には935MHz～960MHzの周波数の間にわたる）についての、送受切換え器51の第1部分(TX1)と第2部分(RX1)の周波数応答を例示する。この適用例については、送受切換え器51のそれぞれの部分(TX1)および(RX1)のBAW共振器とSCFは、以下の表6と表7にそれぞれ示す層および層サイズを含むと仮定している。また、それぞれの部分(TX1)と(RX1)のBAW共振器とSCFは、“橋かけ”構造を含む（すなわち、デバイスが膜層を含む）と仮定している。そして、アンテナポートは50オームの抵抗を持つと仮定している。

【0119】

【表3】

表6: RX1部分のサイズ

直列BAW共振器3及び14	層	厚さ	分路BAW共振器2及び15		SCF 4		BAW共振器(RS2)	
			層	厚さ	層	厚さ	層	厚さ
					上部電極	266nm		
					上部圧電層	2760nm		
上部電極		266nm	上部電極	266nm	接地電極	266nm	上部電極	266nm
圧電層		2289nm	圧電層	2289nm	下部圧電層	2289nm	下部圧電層	2289nm
下部電極		266nm	下部電極	266nm	下部電極	266nm	下部電極	266nm
1. 膜層		50nm	1. 膜層	50nm	1. 膜層	50nm	1. 膜層	50nm
2. 膜層			2. 膜層	265nm	2. 膜層	265nm	2. 膜層	265nm
電極面積		178um*178um	電極面積	370um*370um	電極面積	365um*365um	電極面積	204um*204um

【0120】

【表4】



表7 TX1部のサイズ

直列BAW共振器3及び14	層	厚さ	分路BAW共振器2及び15		SCF 4		BAW共振器(RS2)	
			層	厚さ	層	厚さ	層	厚さ
					上部電極	254nm		
					上部圧電層	3060nm		
	上部電極	254nm	上部電極	254nm	接地電極	254nm	上部電極	254nm
	下部圧電層	2483nm	圧電層	2483nm	下部圧電層	2483nm	下部圧電層	2483nm
	電極	254nm	下部電極	254nm	下部電極	254nm	下部電極	254nm
	1. 膜層	50nm	1. 膜層	50nm	1. 膜層	50nm	1. 膜層	50nm
	2. 膜層	255nm	2. 膜層	255nm	2. 膜層	255nm	2. 膜層	255nm
	電極面積	248um*248um	電極面積	342um*342um	電極面積	373um*373um	電極面積	268um*268um

【0121】第1部分(TX1)の(送信帯域)の周波数応答は、図48に“57”とラベルをつけている。また、第2部分(RX1)の(受信帯域)の周波数応答は、図48に“59”とラベルをつけている。図48を見て解るように、ハイレベルの選択度が送受切換え器51によって与えられる。また、送受切換え器51のそれぞれの第1部分(TX1)と第2部分(RX1)の応答57と59の間に45dB以上の隔たりがある。

【0122】図48の典型的な周波数応答を見てわかるように、送信帯域と受信帯域は、周波数スペクトル上で接近した間隔で一緒に配置されている。応答59の下部エ

ッジと応答57の上部エッジの間に位置するノッチは送受切換え器51の第2部分(RX1)の分路BAW共振器24と26の直列共振によって生じる。BAW共振器24と26の直列共振周波数において、デバイス24と26は低いインピーダンスを持つ(すなわち、短絡に似ている)。

【0123】送受切換え器51にBAW共振器(RS1)と(RS2)を含むことにより、送受切換え器51のそれぞれの第1および第2部分(TX1)と(RX1)に対してハイレベルの周波数選択度を設けることが可能になり、また、送受切換え器51のこれらの部分(TX1)と(RX1)に対してハイレベルの帯域外拒絶を設けることが可能になる。BAW共振器(RS1)と(RS2)もまた高度の構成部品マッチングを第1部分(TX1)とアンテナ(ANT)に対して、また、第2部分(RX1)とアンテナ(ANT)(たとえば50オームアンテナ)に対して設けることが可能になる。例えば、上述したように、BAW共振器(RS2)は送受切換え器51の第2“受信”部分(RX1)の内部で直列接続しているので、送受切換え器51のこの部分(RX1)の中心周波数で直列共振を産み出すようにBAW共振器(RS2)を同調することが望ましい。BAW共振器(RS2)の直列共振周波数より低く、かつ、送信帯域の範囲内にある周波数で、BAW共振器(RS2)は、コンデンサーのように働き、送受切換え器51の部分(RX1)の入力インピーダンスを増加させる。例えば、BAW共振器(RS2)が送受切換え器51に含まれていない場合、この場合のこの部分(RX1)の入力インピーダンスは、BAW共振器(RS2)を含む部分(RX1)が与えるインピーダンスより小さく、送受切換え器部分(RX1)と(TX1)およびアンテナ(ANT)に対して与えられる構成部品マッチングのレベルは、上位トランジット帯域周波数(upper transit band frequency)において、いくぶん低下する。

【0124】GSMトランシーバ以外の様々な他の種類のトランシーバシステムに、本発明の送受切換え器51を用いることもできるということに留意されたい。また、送信帯域と受信帯域との間により大きな周波数分離を持つように設計したシステムにおいては、BAW共振器(RS1)と(RS2)を用いる必要がない。さらに、両方の場合に圧電層として類似の厚さを用いると仮定した場合、送受切換え器51のBAW共振器とSCFの圧電層に対して酸化亜鉛を用いる場合については、送受切換え器51のそれぞれの部分(RX1)と(TX1)は、BAW共振器とSCFの圧電層としてアルミニウム窒化物を用いる場合にこれらの部分(RX1)と(TX1)が産み出す帯域幅よりいくぶん広い通過帯域の帯域幅が産み出される。従って、送受切換え器51の第1および第2部分(TX1)と(RX1)が、(例えば、35MHzの通過帯域の帯域幅を必要とする場合に)、25MHzより大きな帯域幅の通過帯域を提供することを望む場合には、送受切換え器51のBAW共振器とSCFの圧電層に酸化亜鉛を用いることが望ましい。送受切換え器51の第1および第2部分(TX1)と(RX1)がほぼ25MHzあるいは

それより小さい通過帯域帯域幅を提供することを望む場合には、アルミニウム窒化物を送受切換え器51のBAW共振器とSCFの圧電層として用いることが望ましい。アルミニウム窒化物を用いる利点は酸化亜鉛より一般に処理が簡単で製造し易いことである。

【0125】図46と図47を参照しながら、個々のフィルターチップ(C2)と(C1)上にそれぞれ第2部分(RX1)と第1部分(TX1)を製造することができる。それからチップ(C2)を(C1)相互接続基板50上に置き二重フィルター51を創りだしてもよい。アース、送信機、受信機、およびアンテナに送受切換え器51をそれぞれ接続するための基板配線53a、54、56、57は、ボンディングワイヤー55aを介して送受切換え器51の第2部分(RX1)と第1部分(TX1)に連結する。本発明の好ましい実施例に従って、基板50の幅(W)は約4mm、基板50の長さ(L)は約7mm、そして基板50の高さ(H)は、蓋カバー110を含めて約2mmである。この蓋カバー110には、例えば、相互接続基板50に密封して取り付けるために蓋カバー110の下部表面周辺に位置するハンダ“リング”あるいはガラスペースト(図示せず)を持つ適切な金属あるいはセラミック材料が含まれる。送受切換え器51がもっと小さいサイズを持つことが要求される場合については、第2と第1部分(RX1)と(TX1)の両方を同一基板50上に製造し、その後パッケージにすることができる。また、本発明のもう一つの実施例においては、フリップチップテクノロジーを利用して送受切換え器51の第1および第2部分(RX1)と(TX1)を基板配線53a、54、56、および57に連結してもよい。この場合には、ボンディング・ワイヤーを用いる実施例で見られるインダクタンスに対して寄生インダクタンスが減少する。

【0126】本発明の送受切換え器は、例えば、表面弾性波デバイスを含むセラミック送受切換え器や送受切換え器のような従来型のタイプの送受切換え器に対していくつもの利点を提供する。例えば、本発明の送受切換え器をセラミック送受切換え器より小さなサイズに製造することができ、また、少なくともSAW送受切換え器と同じサイズに製造することができる。また、本発明の送受切換え器は、表面弾性波デバイスを含む送受切換え器よりもっと大きなRF電力レベルで作動することができ、送受切換え器の(RX1)と(TX1)部分の双方に対してハイレベルの選択度を与えることができる。

【0127】図49を参照しながら、さらなる本発明の実施例を以下解説する。図49は、本発明に従って構成されるデュアル(すなわち二重)送受切換え器デバイス71を示す。デュアル・モードトランシーバーで濾波を行うために、以下にさらに述べるような移動局(図示せず)のようにこのデュアル送受切換え器デバイス71を用いることができる。デュアル送受切換え器デバイス71は、少なくとも1つのアンテナ(ANT)、増幅部(AMP1)、(AMP2)、(AMP3)、(AMP4)、並びに第1および第2送受切

換え器部分81と82をそれぞれ有することが望ましい。第1送受切換え器部分81はフィルターブロック(TX1')とフィルターブロック(TX2')を含む。また、第2送受切換え器部分82はフィルターブロック(RX1')とフィルターブロック(RX2')を含む。本発明の好ましい実施例では、フィルターブロック(TX1')と(TX2')の各々は、上記の送受切換え器51の第1送信部分(TX1)と類似した構成部品を含むことが望ましい。例えば、図50は、送受切換え器51の送信部分(TX1)に類似したBAWR-SCF回路を含むフィルターブロック150を示す。本発明の好ましい実施例では、フィルターブロック150は図49のフィルターブロック(TX1')と(TX2')を形成し、図50の入力部152は図49のそれぞれの入力部72'と73を形成し、図50の出力部154は、図49のそれぞれの出力部74と75を形成する。

【0128】また、本発明の好ましい実施例では、デュアル送受切換え器71のフィルターブロック(RX1')と(RX2')の各々は、上記の送受切換え器51の第2受信部分(RX1)と類似した構成部品を含む。例えば、図52は、送受切換え器51の受信部分(RX1)に類似したBAWR-SCF回路を含むフィルターブロック158を示す。本発明の好ましい実施例では、フィルターブロック158は、図49のフィルターブロック(RX1')と(RX2')を形成し、入力部160は、図49のそれぞれの入力部77と78を形成し、そして出力部162は図49のそれぞれの出力部79と79'を形成する。

【0129】それぞれのフィルターブロック(TX1')と(TX2')の入力部72'と73はそれぞれの増幅部(AMP1)と(AMP2)の出力部に連結する。デュアル送受切換え器71のそれぞれのフィルターブロック(TX1')と(TX2')の出力部74と75は、共通の接続点76'を介してアンテナポート(A1')に連結する。それぞれのフィルターブロック(RX1')と(RX2')の入力部77と78は、共通の接続点76''を介してアンテナポート(A1')に連結する。それぞれのフィルターブロック(RX1')と(RX2')のそれぞれの出力部79と79'は増幅部(AMP3)と(AMP4)にそれぞれ連結する。増幅部(AMP1)と(AMP2)は、例えば、デュアル・モードトランシーバーデバイスの送信機回路(TX)のようなさらなる回路にその入力部で接続することが望ましい。また、増幅部(AMP3)と(AMP4)は、例えば、デュアル・モードトランシーバー装置のレシーバー回路(RX)のようなさらなる回路にその出力部で接続することが望ましい。

【0130】上記のように、濾波を行うためにデュアル・モードトランシーバー装置でデュアル送受切換え器71を用いることができる。そのため、本発明の現在の好ましい実施例に従って、フィルターブロック(TX1')が周波数の第1選択帯域上に通過帯域(たとえば送信帯域)を産み出し、フィルターブロック(TX2')が周波数の第2選択帯域上に通過帯域(たとえば送信帯域)を産み出し、フィルターブロック(RX1')が周波数の第3選択帯域上に

通過帯域（たとえば受信帯域）を産み出し、そして、フィルタブロック (RX2') が周波数の第 4 選択帯域上に通過帯域（たとえば受信帯域）を産み出すように、デュアル送受切換え器 71 の各部分 (TX1')、(TX2')、(RX1') および (RX2') の BAW 共振器と SCF を構成する。このようにして、デュアル・モードトランシーバー装置の内部にデュアル送受切換え器 71 が接続している間、トランシーバー装置の送信機 (TX) が出力し、フィルタブロック (TX1') の通過帯域の範囲内に周波数を持つ信号は、トランシーバー装置からアンテナ (ANT) を介して信号が送信される前にフィルタブロック (TX1') によって濾波される。トランシーバー装置の送信機 (TX) が出力し、フィルタブロック (TX2') の通過帯域の範囲内に周波数を持つ信号はトランシーバー装置からアンテナ (ANT) を介して信号が送信される前にフィルタブロック (TX2') によって濾波される。また、トランシーバー装置内部で、アンテナ (ANT) が受信し、ブロック (RX1') の通過帯域の範囲内に周波数を持つ信号をデュアル送受切換え器 71 のフィルタブロック (RX1') は濾波し、それから、濾波された信号をトランシーバー装置の受信回路 (RX) へ送る。同様に、デュアル送受切換え器 71 のフィルタブロック (RX2') は、アンテナ (ANT) が受信し、ブロック (RX2') の通過帯域の範囲内に周波数を持つ信号を濾波し、それから、濾波された信号をトランシーバー装置の受信機回路 (RX) へ送る。

【0131】デュアル送受切換え器 71 のブロック (RX1')、(RX2')、(TX1')、(TX2') に対してハイレベルの選択度を与えることができるように、デュアル送受切換え器 71 のそれぞれのフィルタブロック (TX1')、(TX2')、(RX1')、および (RX2') の通過帯域を周波数スペクトル上でお互いに離れた十分な間隔を置いて配置することが望ましい。また、上記の送受切換え器 51 に関するかぎり、それぞれのブロック (TX1')、(TX2')、(RX1')、(RX2') の通過帯域を周波数スペクトル上でお互いに離れた十分な間隔を置いて配置する場合、共振器 RS1 と RS2 を用いる必要がない。さらに、所望であればデュアル送受切換え器 71 の内部に適当な FET スイッチを用いてもよい。

【0132】適用可能な性能基準によって、フィルタブロック (TX1')、(TX2')、(RX1')、(RX2') は、図 50 と図 52 に示すトポロジ以外の他のトポロジを持つ BAWR-SCF 回路を含むものであってもよいということに留意されたい。例えば、フィルタブロック (TX1') と (TX2') は図 51 のブロック 156 に示すトポロジと類似のトポロジを持つものであってもよい。また、フィルタブロック (RX1') と (RX2') は、図 53 のブロック 164 に示すトポロジに類似のトポロジを持つものであってもよい。この場合のトポロジは、より少ない数の BAW 共振器を用いることを除いて図 50 と図 52 の BAWR-SCF 回路のそれぞれのトポロジと同じであってもよいことが解る。この実施例では、図 51 の入力部 152 と出力部 154

は、フィルタブロック (TX1') と (TX2') の入力部 72' と 73、および出力部 74 と 75 をそれぞれ形成する。また、図 53 の入力部 160 と出力部 162 は、フィルタブロック (RX1') と (RX2') の入力部 77 と 78 および出力部 79 と 79' をそれぞれ形成する。デュアル送受切換え器 71 のそれぞれのフィルタブロック (TX1')、(TX2')、(RX1')、(RX2') の BAWR-SCF 回路は、上記の図 36 と図 43 に示すいずれのデバイスにも類似したトポロジを持つものであってもよく、あるいは、送受切換え器 51 の適用可能な性能基準に従い他のいかなる適切なトポロジを用いてもよいということにも留意されたい。

【0133】本発明をその好ましい実施例について特定して示し解説してきたが、当業者であれば、本発明の範囲と精神から離れることなくこれに形状と細部の変更を行ってもよいことを理解するであろう。例えば、上述したように、図 33 と図 41 の BAWR-SCF 回路 1 と 13 のそれぞれによって設ける場合よりもっと狭い通過帯域の帯域幅を設ける必要がある場合、BAWR-SCF デバイス 16 と 13' の配置を持つ回路を用いてもよい。しかしながら、本発明はそのように限定することを意図しているわけではなく、これらのデバイスの 1 つ以上の BAW 共振器積層帯の厚さを最適化し、所望の狭い通過帯域の帯域幅を設けることができる個々の BAWR-SCF デバイス 1 と 13 の配置を用いることにより比較的狭い通過帯域の帯域幅を設けることもできる。例えば、それぞれの BAWR-SCF デバイス 1 と 13 の 1 つ以上の BAW 共振器の内部で、各デバイスの他の BAW 共振器の膜層より適当な量だけ厚い膜層を（並列 BAW 共振器に）用いてもよい。また、所望の狭い通過帯域の帯域幅を与えることができるように、BAWR-SCF デバイスの他の BAW 共振器の圧電層より適当な量だけ厚みの少ない圧電層を（直列共振器に）用いてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】膜とエアーギャップとを含む典型的なバルク弾性波 (BAW) 共振器の横断面。

【図 2】図 1 の BAW 共振器の一部分の上面図。

【図 3】犠牲層を含む典型的な BAW 共振器の横断面。

【図 4】音響ミラーを含む典型的な一体固定型 BAW 共振器の横断面。

【図 5】図 4 の BAW 共振器の一部分の上面を示し、保護層 38a および電極 24 と 26 を含む。

【図 6】ビアを持つ基板を含む典型的な BAW 共振器の横断面。

【図 7】BAW 共振器の集中素子等価回路。

【図 8】膜とエアーギャップとを含む典型的な積層型結晶フィルタ (SCF) の横断面。

【図 9】図 8 の SCF の一部分の上面図。

【図 10】犠牲層を含む典型的な SCF の横断面。

【図 11】音響ミラーを含む典型的な一体固定型 SCF の横断面。

【図 12】図 11 の SCF の一部分の上面図。

【図 1 3】ピアを持つ基板を含む典型的な SCF の横断面。

【図 1 4】SCF の集中素子等価回路。

【図 1 5】SCF の典型的な周波数応答図。

【図 1 6】2つの BAW 共振器を含み、先行技術によって構成される典型的な BAW はしご形フィルターの回路図。

【図 1 7】図 1 6 の BAW はしご形フィルターの典型的な周波数応答図。

【図 1 8】4つの BAW 共振器を含み、先行技術によって構成される典型的な BAW はしご形フィルター回路図。

【図 1 9】図 1 8 の BAW はしご形フィルターの典型的な周波数応答図。

【図 2 0】図 1 8 の BAW はしご形フィルターの集中素子等価回路。

【図 2 1】先行技術によって構成される典型的な“バランスのとれた”はしご形フィルターの概略図。

【図 2 2】図 2 1 のバランスのとれたはしご形フィルターの集中素子等価回路。

【図 2 3】4つの BAW 共振器を含み、同調素子を含まない、先行技術によるはしご形フィルターの典型的な周波数応答図。

【図 2 4】BAW 共振器 (A) の圧電層 22 と SCF (B) の 1 対の圧電層 22 と 23 を示す。BAW 共振器 (A) の圧電層 22 は T の厚さを持ち、BAW 共振器 (B) の各圧電層 22 と 23 は  $T/2$  の厚さを持つ。

【図 2 5】はしご形配置に接続した BAW 共振器を含むフィルターの典型的な周波数応答 (A') を示す。このフィルターの BAW 共振器は図 2 4 の圧電層 22 を含む。また、図 2 4 の圧電層 22 と 23 を含む SCF の典型的な周波数応答 (B') を示す。

【図 2 6】図 2 4 の BAW 共振器 (A) の圧電層 22 を示し、また、SCF (B1) の 1 対の圧電層 22 と 23 をも示す。BAW 共振器 (A) の圧電層 22 と SCF (B1) の圧電層 22 と 23 とはそれぞれ T の厚さを持つ。

【図 2 7】図 2 5 の典型的な周波数応答 (A') の一部分を示し、図 2 6 の圧電層 22 と 23 を含む SCF の典型的な周波数応答 (C') をも示す。

【図 2 8】フィルターに配置すべきピア (V) を必要とするトポロジを持つ図 1 8 の BAW はしご形フィルターを示す。

【図 2 9】フィルターに配置すべきピア (V1)、(V2) および (V3) を必要とするトポロジを持つ図 1 8 の BAW はしご形フィルターを示す。

【図 3 0】フィルターに配置すべきピア (V1) と (V2) を必要とするトポロジを持つ図 2 1 のバランスのとれたフィルターを示す。

【図 3 1】典型的な BAW 共振器構造の横断面。

【図 3 2】図 3 1 の線 9j-9j に沿った図 3 1 の BAW 共振器構造の横断面。この図で、ピア (V) は BAW 共振器構造に含まれる。

【図 3 3】本発明の実施例によって構成され、基本トポロジを持つバルク弾性波共振器-積層型結晶フィルター (BAWRSCF) デバイスの回路図。

【図 3 4】図 3 3 の BAWR-SCF デバイスの周波数応答図。

【図 3 5】図 1 7 と図 1 5 の周波数応答図の上に重ねた図 3 4 の周波数応答図。

【図 3 6】本発明のもう一つの実施例に従って構成される BAWR-SCF デバイスの回路図。

【図 3 7】図 3 6 のデバイスの集中素子等価回路。

【図 3 8】図 3 3 の BAWR-SCF デバイスの SCF の周波数応答 (FR) 図。

【図 3 9】図 3 8 の周波数応答 (FR) 図の上に重ねた、図 3 3 の BAWR-SCF デバイスの BAW はしご形フィルター部分の周波数応答 (FR1) 図。

【図 4 0】図 3 4 の周波数応答図と典型的な“逆” BAW はしご形フィルターの周波数応答 108 図の上に重ねた、図 3 6 の BAWR-SCF デバイスの周波数応答 106 図。

【図 4 1】本発明のもう一つの実施例に従って構成される BAWR-SCF デバイスの回路図。

【図 4 2】図 4 1 のデバイスの周波数応答図。

【図 4 3】さらなる本発明の実施例に従って構成される BAWR-SCF デバイスの回路図。

【図 4 4】本発明の実施例に従って構成されるバランスのとれた BAWR-SCF デバイスの回路図。

【図 4 5】本発明の実施例に従って構成される二重フィルター (送受切換え器) の概略図。

【図 4 6】本発明の実施例に従って構成される二重フィルターの上面図。

【図 4 7】図 4 6 の二重フィルターの側面図。

【図 4 8】図 4 5 の二重フィルターの第 1 および第 2 部分 (TX1) と (RX1) の周波数応答 57 および 59 をそれぞれ示す。

【図 4 9】本発明に従って構成されるデュアル送受切換え器デバイスを示す図。

【図 5 0】図 4 5 の二重フィルターおよび図 4 9 のデュアル送受切換え器の送信機部分に用いることのできる BAWR-SCF 回路の代替実施例を示す。

【図 5 1】図 4 5 の二重フィルターおよび図 4 9 のデュアル送受切換え器の送信機部分に用いることのできる BAWR-SCF 回路の代替実施例を示す。

【図 5 2】図 4 5 の二重フィルターおよび図 4 9 のデュアル送受切換え器の受信機部分に用いることのできる BAWR-SCF 回路の代替実施例を示す。

【図 5 3】図 4 5 の二重フィルターおよび図 4 9 のデュアル送受切換え器の受信機部分に用いることのできる BAWR-SCF 回路の代替実施例を示す。なお、異なる図中に現れる同じラベルをつけた構成要素は同一の構成要素をさす、すべての図の説明で参照されない場合もある。

【符号の説明】

2 : 分路 BAW 共振器

3 : 直列BAW 共振器

4 : 積層型結晶フィルター

22 : 圧電層

24 : 下部電極

25 : 上部電極

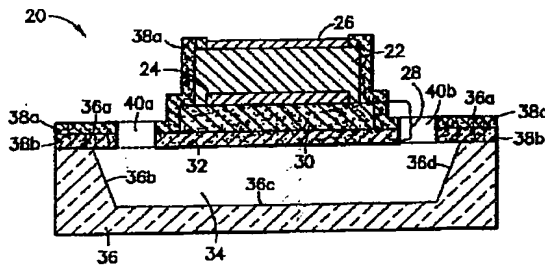
26 : 上部電極

26' : 中間電極

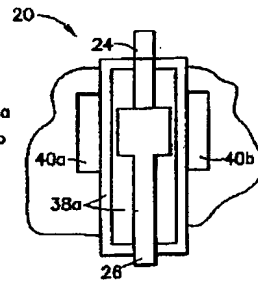
P1, P2 : ポート

O1, O2 : ポート

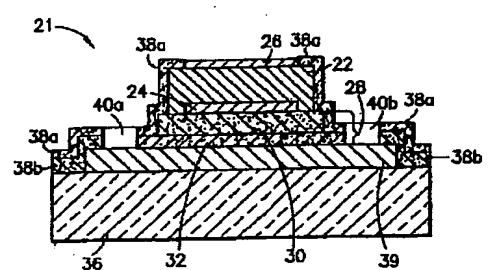
【図 1】



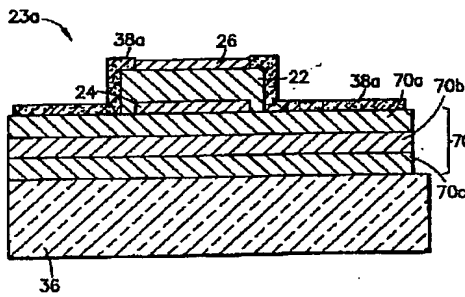
【図 2】



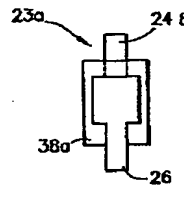
【図 3】



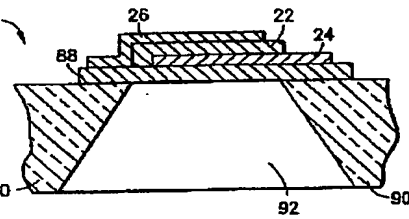
【図 4】



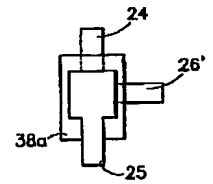
【図 5】



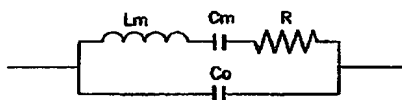
【図 6】



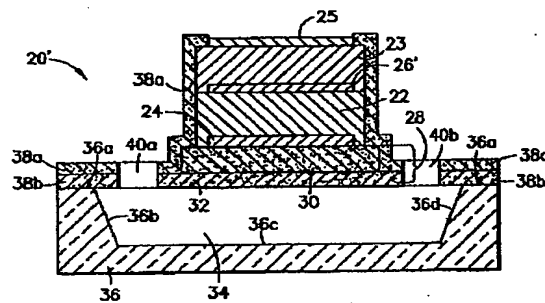
【図 12】



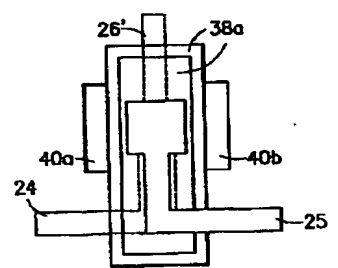
【図 7】



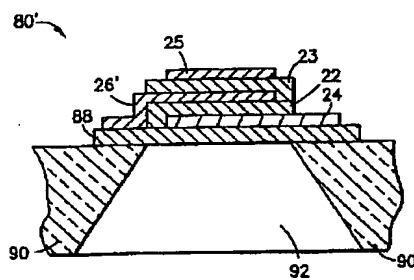
【図 8】



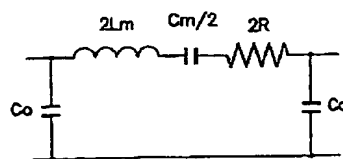
【図 9】



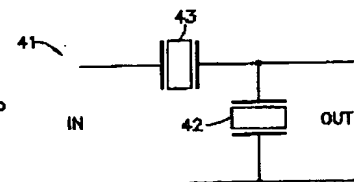
【図 13】



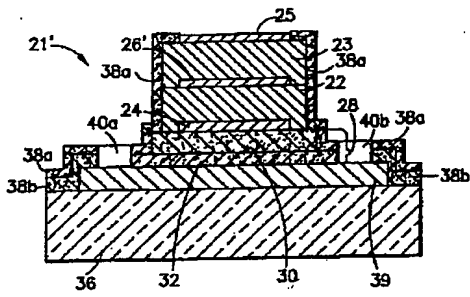
【図 14】



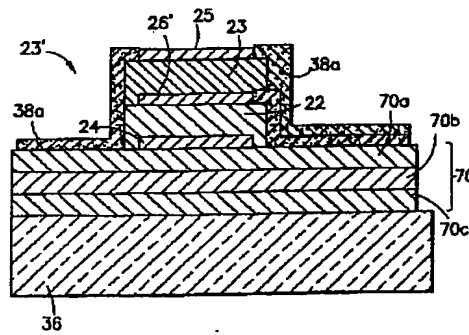
【図 16】



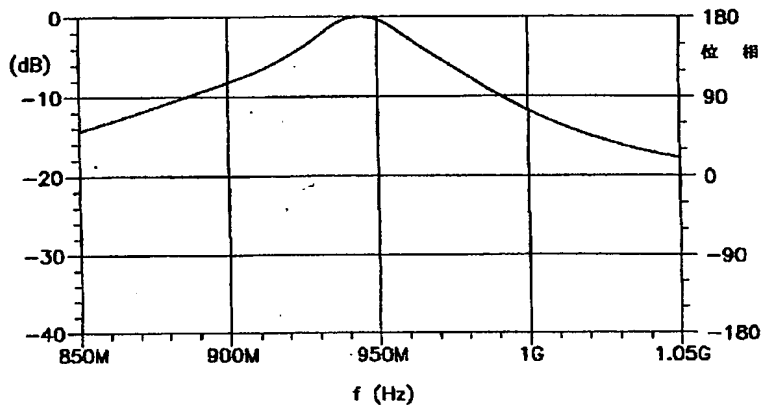
【図 10】



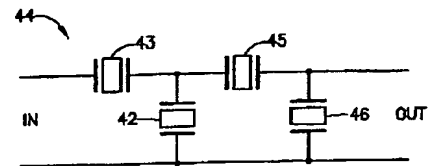
【図 11】



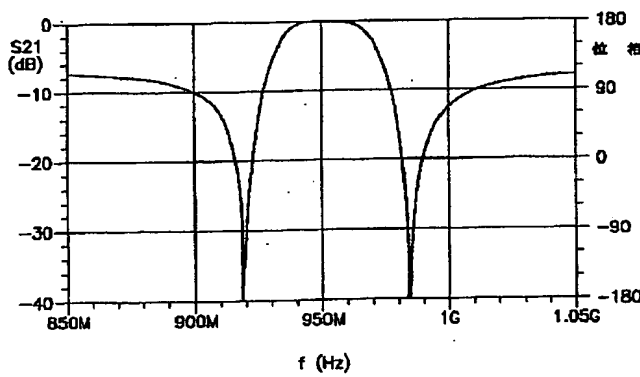
【図 15】



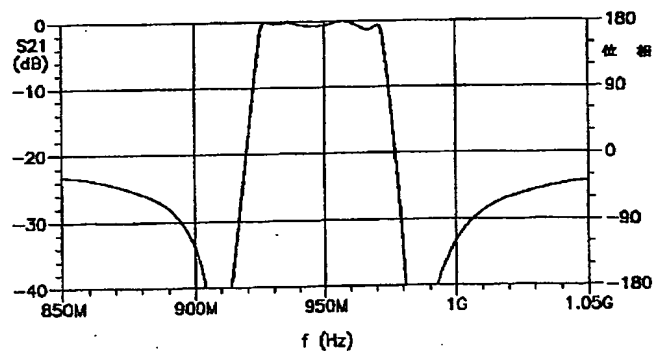
【図 18】



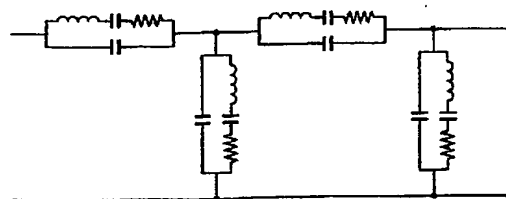
【図 17】



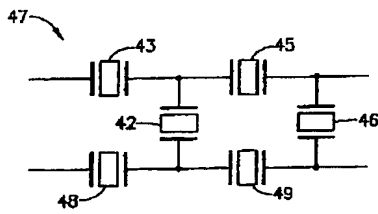
【図 19】



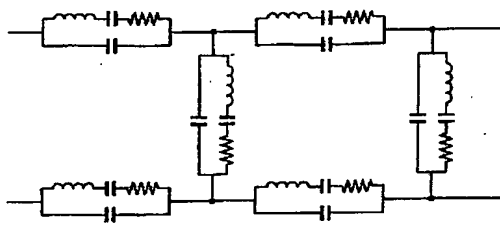
【図 20】



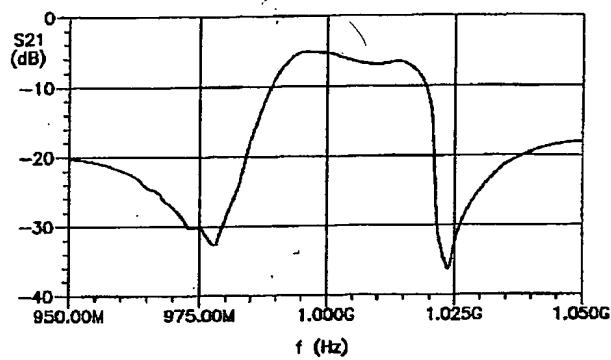
【図 21】



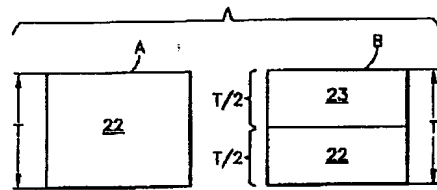
【図 22】



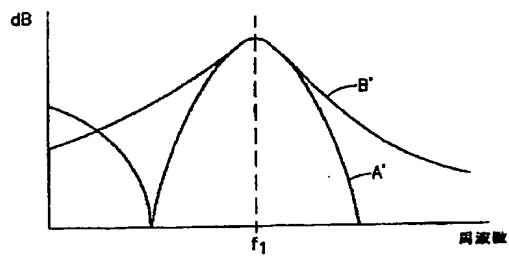
【図 23】



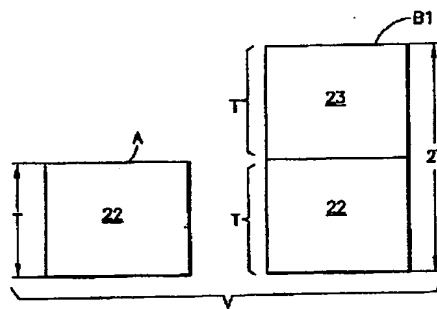
【図 24】



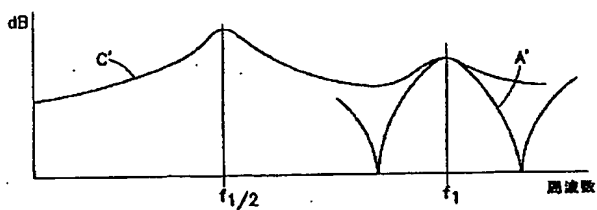
【図 25】



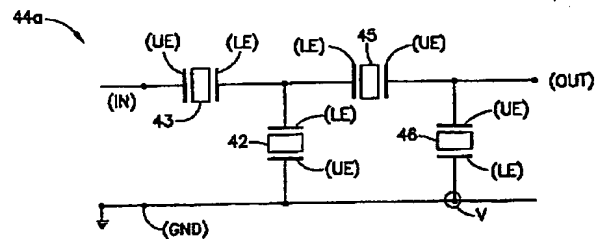
【図 26】



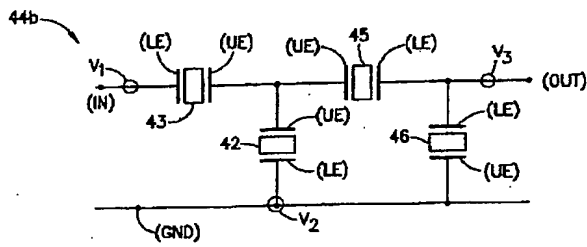
【図 27】



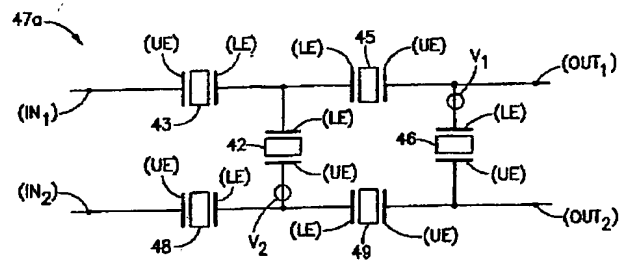
【図 28】



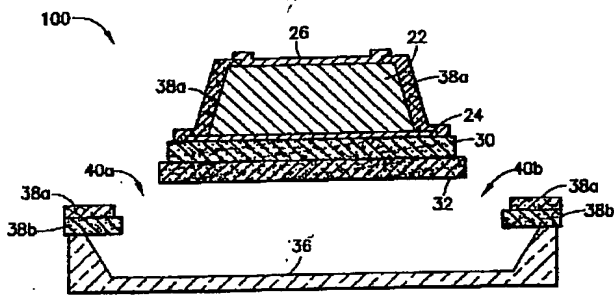
【図 29】



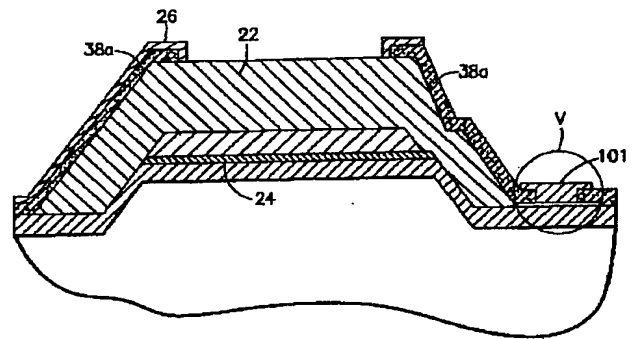
【図 30】



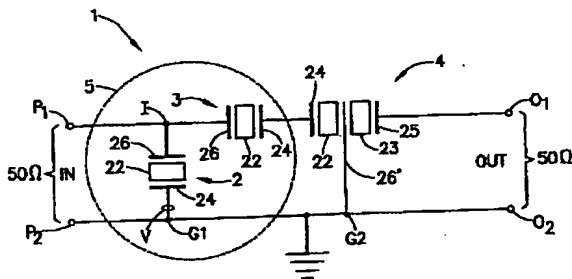
【図 31】



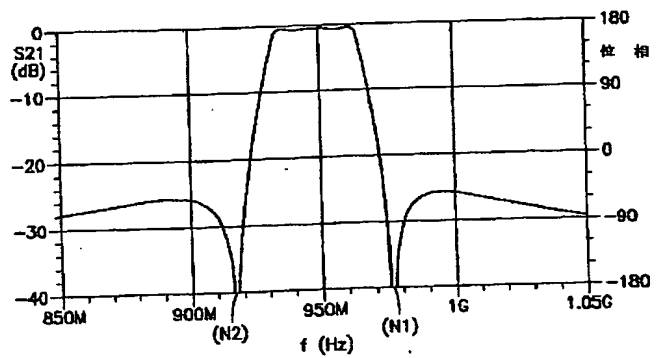
【図 32】



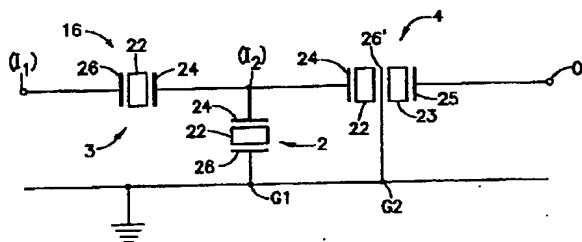
【図 33】



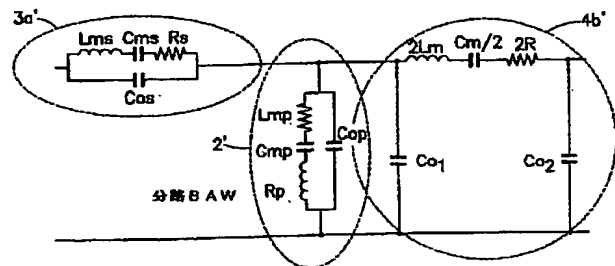
【図 34】



【図 36】

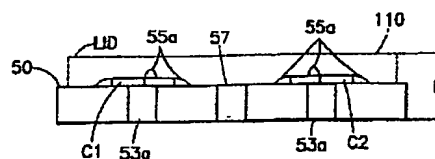


【図 37】

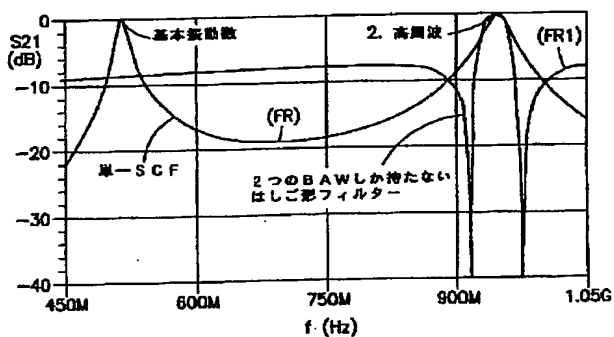




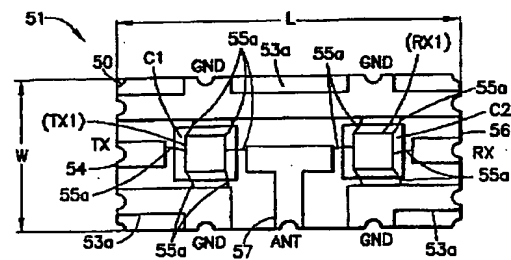
【図 4 7】



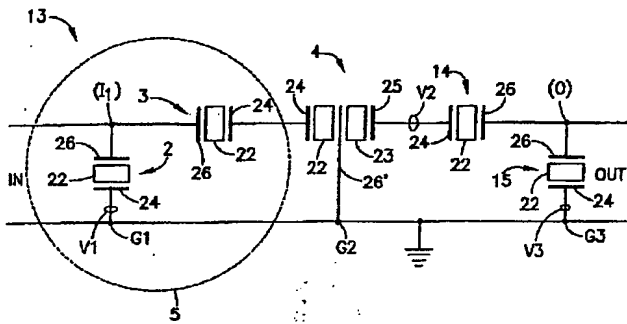
【図 3 9】



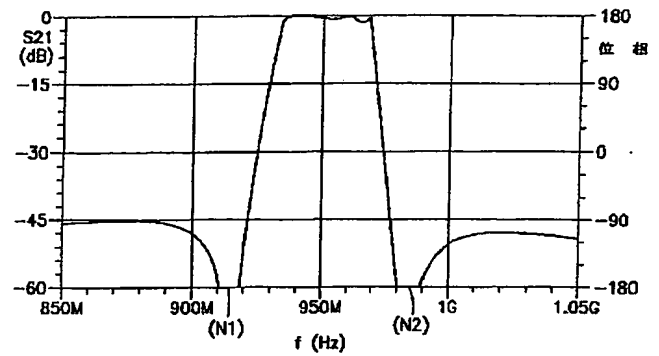
【图 4 6】



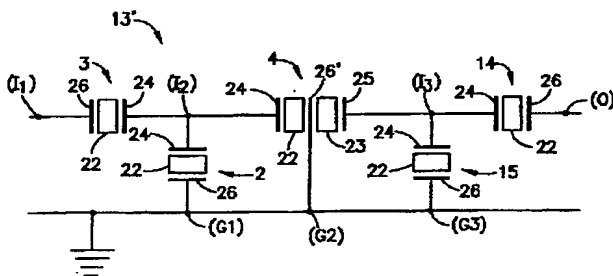
【図 4 1】



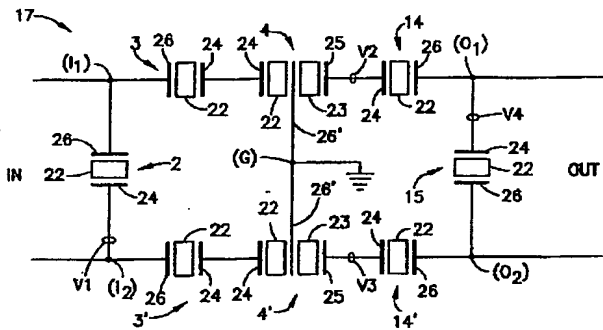
【図 4 2】



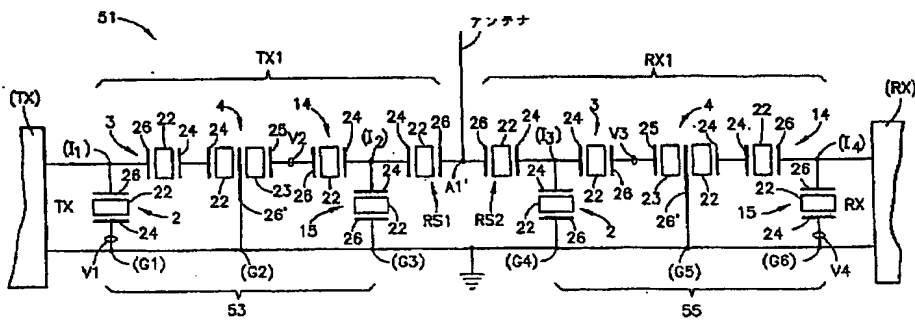
【図 4 3】



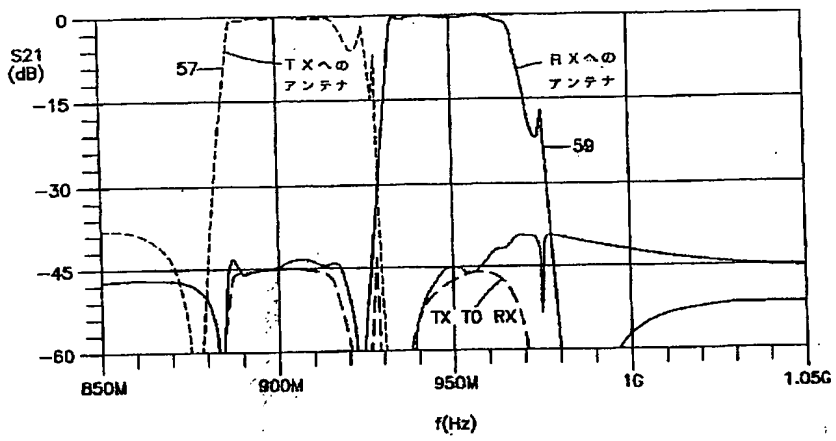
【図 4 4】



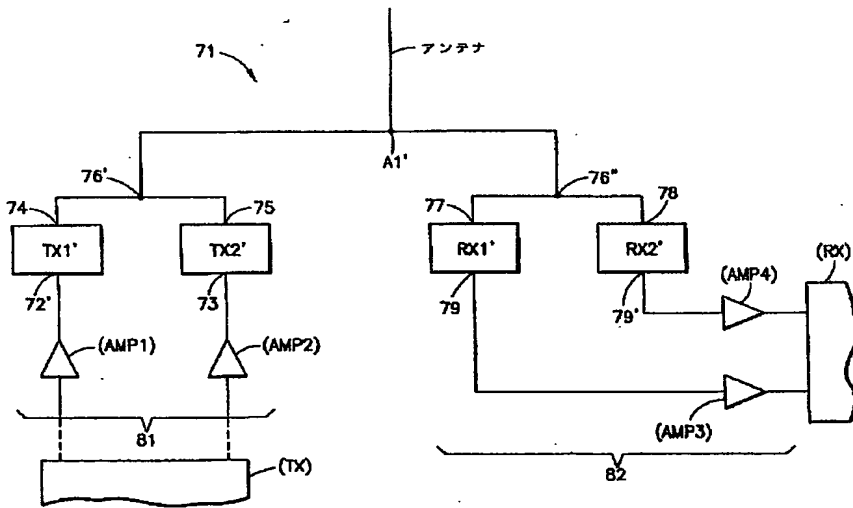
【図 4 5】



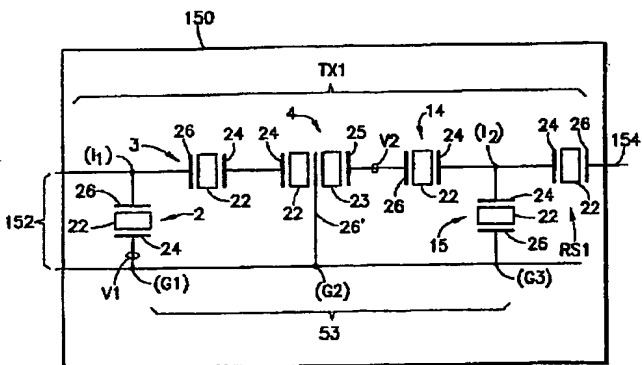
【図 48】



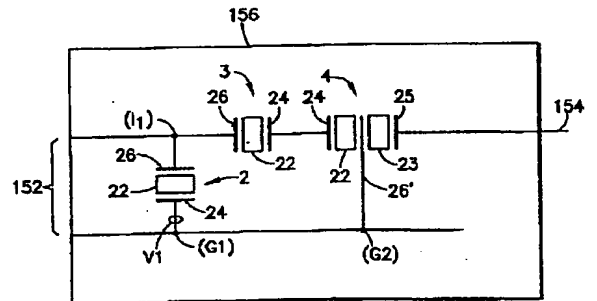
【图 4 9】



【図 50】



【図 5 1】



【図 5 3】

